MBL/WHOI
0 0301 0016072 7

45.-R
tg 804

Beiträge

zur

Histologie der Echinodermen.

Heft 4 (Schluss-Heft).

Anatomie und Histologie

der

Ophiuren und Crinoiden.

Von

Dr. Otto Hamann,

Dozent der Zoologie an der Universität in Göttingen.

Mit 12 Tafeln und 2 Holzschnitten.

Jena,

Verlag von Gustav Fischer.

1889.

Inhalt.

Seite

Einleitung 1

1. Teil. Die Ophiuren.

Kapitel 1. Das Nervensystem.

1. Allgemeine Anordnung 5
2. Die gegliederten radiären Nervenstämme 6
   Anatomie derselben 6
   Der feinere Bau 9
   Der ventral-periphere Zellbelag und seine Ganglien . . 10
   Der dorsal-periphere Zellbelag 11
3. Die vom radiären Nervenstamm entspringenden Nervenzüge, ihr Verlauf und ihre Ganglien 12
   Nervi laterales primi und Ganglion pedale 12
   Nervus ventralis, Ganglion ventrale, Nervus pedalis . . 13
   N. apicalis, N. muscular. intervertebral. II. 14
   N. laterales secund., N. intervertebral. I. 14
   N. laterales tert. 15
4. Der Gehirnring 17
5. Die vom Gehirnring austretenden Nervenzüge 18
9. Die Hautnerven und die Nervenendigungen 19
7. Die Sinnesknospen der Füßchen von Ophiothrix fragilis . . 21
8. Das Nervensystem von Ophiothrix fragilis 22
9. Die Fühler und das Ende der radiären Nervenstämme . . 26
10. Die beweglichen Haken von Ophiothrix fragilis 26
11. Der Bau der Füßchen uud die Nervenendigungen in denselben von Ophioglypha albida 27
12. Die Mundfüßchen 28
13. Die Keulenstacheln von Ophiomastix annulosa 29

Kapitel 2. Die Leibeshöhle (Enterocoel).

1. Die Wimperstreifen der Rückenwand 30
2. Der Rückenporus 31
3. Die Septen und Aufhängebänder 32

Kapitel 3. Das Wassergefäßsystem.

Seite

1. Gefäßring und radiäre Stämme 32
2. Steinkanal und Madreporenplatte 34
3. Die Polischen Blasen 36

Kapitel 4. Das Schizocoel (Perihämalräume). (Längskanäle der Nervenstämme).

1. Lage und Bau derselben 37

Kapitel 5. Das Blutlakunensystem.

1. Der ventrale Blutlakunenring und seine radiären Äste . . 39
2. Der dorso-ventrale Lakunenring 42
3. Die von letzterem zum Darm führende Lakune 44

Kapitel 6. Die Genitalröhren und die Reifungsstätten der Urkeimzellen auf den Genitaltaschen.

1. Die Bursae mit den Genitalsäckchen 44
2. Der Verlauf der Genitalröhren 46
3. Die Entstehung der Genitalsäckchen 47
4. Die weiblichen, die männlichen Genitalsäckchen 48

Kapitel 7. Der Darmtraktus.

1. Allgemeiner Bau 49
2. Die Wimperzellen und ihr Bau 50

Kapitel 8. Das drüsige Organ.

1. Gestalt und Bau 53

Kapitel 9. Muskulatur und Bindesubstanz.

1. Doppelt schräg gestreifte Fasern 53
2. Glatte, längsgestreifte Fasern 55
3. Bindesubstanzfibrillen 55

2. Teil. Die Crinoiden.

Kapitel 1. Das Nervensystem.

Einleitung 61
1. Das Zentralorgan des dorsalen Nervensystems . . 64
2. Die fünf dorsalen Hauptnervenstämme und ihr Verlauf in den Armen (Chiasma nerv. brachial.) 68
3. Die Nerven der Cirrhen 71
4. Das ventrale (orale) Nervensystem, sein Zentralorgan, der mesodermale pentagonale Schlundring 72

Seite

5. Die Verzweigungen des ventralen Nervensystems in den Armen und den Pinnulae 74
6. Das Nervensystem von Antedon Eschrichtii 76
7. Der epitheliale Nervenplexus 79
   a) die Ambulacralnerven der Tentakelrinnen (Anted. rosac.) 79
   b) der Verlauf der Ambulacralnerven in der Scheibe . 82
8. Die Nervenendigungen in der Haut 83
   a) die Sinnespapillen auf den Tentakeln 83
   b) die Nervenendigungen in der Haut der Arme . . 84
9. Das Nervensystem von Antedon carinata 85
10. Pentacrinus decorus 87

Kapitel 2. Das Wassergefäßsystem.

1. Die Körperwand des Kelches 88
2. Die Topographie der Ambulacralgefäße 90
   Ringkanal und die Steinkanäle 92
   Die Kelchporen oder Porenkanäle 94

Kapitel 3. Die Leibeshöhle. Das Enterocoel.

1. Ihr Bau im Kelch, Armen und Pinnulae 96
2. Die Wimpersäckchen der Pinnulae 99
3. Das sogenannte gekammerte Organ 101
4. Das gekammerte Organ ein Enterocoelhohlraum? 106

Kapitel 4. Schizocoelräume und Blutlakunensystem.

1. Die Längskanäle der Arme 107
2. Genitalkanal 109
3. Blutlakunensystem des Darmtraktus und der Leibeshöhle . 109
4. Der Zusammenhang zwischen Enterocoel und Schizocoel . 111

Kapitel 5. Das drüsige Organ (Dorsalorgan).

1. Bau derselben 113
2. Seine Verbindung mit den Genitalröhren 116

Kapitel 6. Die Genitalröhren und die Reifungsstätten in den Pinnulae.

1. Genitalröhren und Urkeimzellen 117
   a) Lagerung in den Armen 117
   b) Lagerung im Kelch 118
2. Die Reifungsstätten der Urkeimzellen in den Pinnulae . . 119
3. Die Reifung der Eier von Anted. Eschrichti 121
4. Die Genitalöffnungen 121

Kapitel 7. Muskulatur und Bindesubstanz.

1. Epithelmuskelzellen 122
2. Die glatten längsgestreiften Muskelfasern 124

Seite

3. Die spindligen Muskelfasern 126
4. Die Bindesubstanz 127
5. Die blasigen Zellen 128
6. Die Sacculi oder runden Körper 128

Kapitel 8. Der Darmtraktus.

1. Bau desselben 129
2. Der Enddarm und die Afterröhre 129

3. Teil. Allgemeiner Teil.

Kapitel 1.

Kurze Zusammenfassung der in Heft 1—4 enthaltenen Hauptresultate unter Rücksichtnahme auf einige während der Arbeit erschienene Abhandlungen 132
Das Nervensystem 132
1. Ambulacral-Nervensystem 134
2. Das ambulacrale und mesodermale Nervensystem der Crinoiden und sein Ursprung 136
3. Das periphere Nervensystem und die Sinnesorgane . . . 139
4. Das Nervensystem im Darmtraktus 140
Die übrigen Organe 141

Kapitel 2. Zur Stammesgeschichte.

1. Die Verwandtschaftsverhältnisse 144
2. Die Pentactula-Hypothese 145

Anhang 149
Tafelerklärung 153

Herrn

Professor Karl Möbius

in Berlin

erlaubt sich diese Ophiuren-Studien zu widmen

der

Verfasser.

Die Resultate, zu welchen ich bei der Untersuchung der Ophiuren gekommen bin, sind mir nur ermöglicht worden durch Ihre Güte, hochverehrter Herr Professor, welche Sie mir während eines Aufenthaltes in Kiel in so reicher Weise zu Teil werden ließen, indem Sie mir die Mittel Ihres Institutes und zugleich einen Arbeitsplatz in demselben zur Verfügung stellten. So konnte ich in kurzer Zeit nicht nur ein reiches Arbeitsmaterial sammeln, sondern auch dasselbe nach den verschiedensten Methoden konservieren, indem mir die mannigfaltigsten Reagentien zur Hand waren.

Wenn ich diese Abhandlung, welche vornehmlich die an Ophioglypha albida Forb., der Ophiure des Kieler Busens, angestellten Untersuchungen wiedergiebt, Ihnen mir erlaube zu widmen, so bitte ich, diese wenn auch nur geringe Gabe als ein Zeichen meiner bleibenden Dankbarkeit annehmen zu wollen!

Einleitung.

Mit der Anatomie und Histologie der Ophiuren und Crinoiden schließe ich zunächst diese Beiträge ab. Bei der Beurteilung der Resultate bitte ich immer vor Augen zu haben, daß das Material — und dies gilt besonders von den Crinoiden — wochenlang entkalkt werden mußte, so daß feinere Details nicht beschrieben werden konnten. Zudem waren die Tiere teilweise vor mehreren Jahren konserviert, und zwar fast ausschließlich in Alkohol.

Von der Station zu Neapel bezog ich folgende Arten: Ophioglypha lacertosa; Amphiura virens und squamata; Ophioderma longicauda; Ophiothrix fragilis; Ophiomyxa pentagona.

Sämtliche Arten waren vorzüglich erhalten und von Herrn Salvatore lo Bianco nach verschiedenen Methoden konserviert. Sie wurden in $^1/_3$ % Chromsäure entkalkt.

Zu besonderem Danke bin ich Herrn Prof. Möbius verpflichtet, durch dessen Güte ich in kurzer Zeit große Mengen der Ophioglypha albida erhielt. Da es mir vergönnt war, im Kieler zoolog. Institut in den Sommerferien 1884 arbeiten zu können, konnte ich sofort den Erfolg der Konservierung durch das Mikrotom kontrollieren. Im Sommer 1886 sammelte ich von neuem in Kiel Material, welches mit Sublimat, Pikrinschwefelsäure, Alkohol und $^1/_2$ % Chromsäure konserviert wurde. Alle übrigen Methoden ließ ich bei Seite, nur Osmiumsäure wurde ab und zu angewendet. Da die Ophiuren der Ostsee bedeutend weniger Kalk enthalten

als die der Nordsee, benutzte ich Ophioglypha albida später ausschließlich zur Untersuchung.

Eine ausgezeichnete Sammlung von Crinoiden verdanke ich der Güte von P. H. Carpenter, welchem ich nicht genug meine Dankbarkeit versichern kann. Vor allem habe ich Antedon Eschrichtii benutzen können, da der Zustand der Tiere ein sehr guter war, während andere Arten weniger sich zu feinerer Untersuchung eigneten. Ich erhielt folgende Arten zugesendet: Antedon Eschrichtii, carinata, Magellanica, antarctica; Actinometra parvicirra, paucicirra, nobilis, valida; Pentacrinus decorus, W. Thomsoni.

Nur einen Teil meiner Resultate über die Crinoiden kann ich hier niederlegen, hoffe aber bei Gelegenheit in Anschluß an andere Arbeiten dieselben veröffentlichen zu können.

Göttingen, 8. August 1888.

I. Teil.

Die Ophiuren.

Kapitel 1.

Das Nervensystem.

Die Untersuchungen der Physiologen [1]) über die Bewegungen der Ophiuren haben so merkwürdige Resultate zu Tage gefördert, welche sogar eine gewisse Intelligenz dieser Tiere annehmen lassen, daß man von vornherein auf ein hoch organisiertes Nervensystem zu schließen berechtigt war. Einen kleinen Teil der Ergebnisse, zu welchen ich nun bei der Untersuchung dieses Organsystems gelangt war, habe ich bereits früher [2]) in Kürze mitgeteilt.

Es giebt wohl kaum eine andere Gruppe von niederen Wesen, welche mit den Ophiuren hinsichtlich der Entwicklung des peripheren Nervensystems einen Vergleich bestehen könnten, und unter den Echinodermen selbst nehmen sie mit den Crinoiden die erste Stufe ein; sie sind die am höchst entwickeltsten Formen, wenn man gegen den Satz nichts einzuwenden hat, daß je höher das Nervensystem entwickelt erscheint, auf einer desto höheren Stufe das Tier steht.

Die Betrachtung des Nervensystems beginne ich mit einer Schilderung des grob anatomischen Verhaltens, um dann sofort auf die feineren Verhältnisse einzugehen, soweit diese bei der Kleinheit und Einfachheit der Nervenfasern u. s. w. sich jetzt eruieren lassen.

---

1) Preyer, Über die Bewegungen der Seesterne, eine vergleichend physiologische Untersuchung, in: Mitteil. d. zool. Stat. zu Neapel, 1886, Bd. 7, sep. b. Friedländer, Berlin.

2) Hamann, Vorläufige Mitteilungen zur Morphologie der Ophiuren, 1—4, in: Nachrichten von der königl. Gesellschaft d. Wissenschaften u. der Georg-Augusts-Universität zu Göttingen, 1887, No. 14. (Sitzung am 2. Juli.)

1. Allgemeine Anordnung.

Das Zentral-Nervensystem einer Ophiure setzt sich zusammen aus fünf Radial-Nervenstämmen in den Armen, welche, in der Scheibe angekommen, sich dichotomisch teilen und indem immer je zwei Äste mit einander verschmelzen, den Gehirnring bilden, welcher somit eine Kommissur zwischen den radiären Stämmen darstellt. Vom Gehirn strahlen Nervenzüge aus in die Darmwandung und zu den die Mundöffnung umgebenden Füßchen u. s. w., während aus den radiären Stämmen sämtliche Nerven zu den Füßchen der Arme (Strahlen), zur Muskulatur derselben u. s. w. sich abzweigen. Was die Lagerung des zentralen Nervensystems betrifft, so liegen der Nervenring wie die fünf Radial-Nervenstämme in Kanälen, und zwar in Schizocoelräumen (vergl. das Kapitel über die blutführenden Räume), in welchen die Nervenstämme selbst suspendiert sind.

2. Die gegliederten radiären Nervenstämme.

Wir treffen bei den Ophiuren so typisch gegliederte Nervenketten an, wie sie uns beispielsweise die Gliedertiere, speziell die Anneliden zeigen.

Der erste, welcher den gegliederten Bau erkannt und beschrieben hat, ist Simroth [1]) gewesen. Es war Ophiactis viridis, welche ihm zur Untersuchung vorlag. Merkwürdigerweise bestreitet Ludwig die Angaben dieses Forschers, er hat niemals etwas derartiges beobachten können. Ich glaube dies auf Rechnung des Materials setzen zu müssen, da die Gliederung der radiären Nerven nicht nur bei der genannten Art, sondern bei allen von mir untersuchten Formen nicht deutlicher ausgeprägt sein kann, als sie es in der That ist.

Daß die Gliederung des Nerven eine noch viel größere ist, als Simroth vermutet hat, werde ich sogleich zeigen, indem ich der Reihe nach die aus ihm entspringenden paarigen Nervenzüge beschreiben werde. Auch hier sehen wir eine Sonderung in Ganglien und sie verbindende Nervenzüge eingetreten.

Der radiäre Nervenstamm kann mit einem Bande verglichen

---

1) Simroth, Anatomie und Schizogonie v. Ophiactis virens, in: Z. f. wiss. Zool., Bd. 27, 1876.

werden, welcher, wie durch Simroth, Teuscher, Ludwig u. a. bekannt ist, über den Ventralplatten der Arme gelegen, von der Spitze derselben an bis zum Schlund in gerader Linie verläuft. Er liegt, wie die Figuren 1—9 auf Taf. I, welche Querschnittsbilder durch einen Arm wiedergeben, erkennen lassen, in einem Hohlraum, einem Längskanal, und trennt diesen durch seine Lage in zwei Hälften. Die Figuren 2—9 sind einer Serie von aufeinander folgenden Schnitten entlehnt, welche die Gestalt des Nervenstammes innerhalb eines Armgliedes erkennen lassen. Man sieht, wie die Gestalt des Nervenstammes eine sehr wechselnde ist. Vergleicht man hierzu noch ein Längsschnittbild durch einen Arm, wie es die Figuren 1 und 2 auf Tafel II zeigen, so wird die Lage des Nerven in seinem Längskanal *Sch* noch klarer.

Die letztgenannten Figuren geben zugleich ein deutliches Bild von der Gliederung des Nervenstammes. Wir sehen, wie ganglionäre Anschwellungen abwechseln mit Stellen, wo nur eine einzige Zellschicht die exzentrische Peripherie des Nerven bedeckt, und wie gerade hier — der Mitte eines Wirbels entsprechend — Nervenzüge in bogenförmiger Anordnung in den zentral gelegenen Wirbel eintreten und zur Zwischenwirbel-Muskulatur zu ziehen (mit *Nm* in der Figur 1 bezeichnet).

Haben wir uns jetzt über den gröberen Bau orientiert, so will ich zunächst den feineren Bau der Nervenstämme schildern, um hieran die in bestimmten Zwischenräumen abtretenden Nervenzüge, ihre Lagerung und Bau anzuschließen und dann den zentralen in der Scheibe gelegenen Nervenring in gleicher Weise besprechen. Untersucht man den Nervenstamm auf Längsschnitten, so zeigt sich, daß derselbe aus feinsten parallel zueinander verlaufenden Fibrillen besteht, wie sie in gleicher Weise auch bei den übrigen Echinodermen-Gruppen beschrieben wurden. Diese feinsten, kaum meßbaren Fibrillen nehmen Farbstoffe wenig oder gar nicht auf, bräunen sich aber, mit Osmiumsäure behandelt, und treten dann deutlich hervor in einer Weise, wie es Figur 6 auf Taf. II zur Darstellung bringt. Auf der unteren Fläche, das heißt der ventralen oder besser oralen, sind Zellen aufgelagert — nicht Kerne — wie bisher angegeben wurde. Ehe ich aber zur näheren Betrachtung dieser Zellen übergehe, muß ich hervorheben, daß auf der dorsalen Fläche sich ebenfalls Zellen vorfinden, welche aber von der eigentlichen Nervenmasse durch eine dünne hyaline Membran getrennt sind, welche im ganzen Verlaufe des Nervenstammes sich findet, in gleicher Weise wie im Gehirnring.

Auf der hyalinen Membran liegen diese Zellen aber nicht unmittelbar auf, sondern es lassen sich zwischen derselben und den Zellen feinste Fasern erkennen, welche in gleicher Richtung wie die Nervenfibrillen verlaufen. Der Beweis, daß diese Fasern echte Nervenfibrillen und daß die aufliegenden Zellen echte Ganglienzellen sind, soll sofort von mir erbracht werden.

Jene schon vorhin erwähnten bogenförmig in die zentralen Wirbel aufstrahlenden Nervenzüge (vergl. Fig. 1 auf Taf. II) entspringen nämlich nicht aus der jenseits der hyalinen Membran gelegenen Nervenfasermasse *nf*[1], sondern sie werden von diesen oberflächlich peripher verlaufenden Nervenfibrillen gebildet, wie ein Längsschnittbild zeigt. In Fig. 6 auf Taf. II ist die hyaline Membran mit *hM* bezeichnet, die periphere Nervenfasermasse mit *nf*[2], die großen ihr aufliegenden Ganglienzellen mit *gz*[2]. Ich habe hunderte von Schnitten mit diesen Nervenzügen in ihrem Ursprung untersucht und nie bei ihrer Bildung eine Beteiligung der ventral gelegenen, durch die Membran getrennten Nervenfibrillen gesehen. Weiter aber kann man beobachten, wie bei dem Ursprung seitlicher Nervenzüge sich ebenfalls Fibrillen der peripher gelegenen Fibrillenmasse beteiligen, wie Fig. 5 auf Taf. II erkennen läßt.

Lange[1]) hat zuerst auf diese Zellen der dorsalen Fläche aufmerksam gemacht. Auch fand er die Fasern auf. Diese Zellen und Fasern sind nach ihm die einzigen nervösen Elemente und das eigentliche Nervenband ist für ihn kein zum Nervensystem gehöriger Bestandteil! Diese irrige Annahme hat Ludwig[2]) bekämpft. Für ihn ist das Nervenband allein nervöser Natur, die Zellen und Fasern, welche peripher der dorsalen Fläche des Nervenbandes aufgelagert sind, haben nichts mit Ganglienzellen zu thun.

Daß nun aber thatsächlich sowohl das Nervenband als seine ihm aufgelagerten Elemente dem Nervensystem zuzuzählen sind, das werde ich noch im Einzelnen zu beweisen haben. Ein Blick aber auf die Figuren 1, 4, 6 auf Taf. II dürfte schon von der Wahrheit meiner Annahme überzeugen.

Dieselbe Zusammensetzung, wie der radiäre Nerv sie zeigt,

---

1) Lange, Morphol. Studien an Echinodermen.

2) Ludwig, Neue Beiträge zur Anatomie der Ophiuren, in: Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 34, 1880, pag. 333.

treffen wir beim Gehirnring wieder an, es besteht somit eine Kontinuität sämtlicher nervösen Elemente.

Der feinere Bau des Nervenstammes ist an den Stellen am einfachsten, an welchen keine Ganglien liegen, das heißt zwischen je zwei Wirbeln, also im Bereich der Intervertebralmuskeln (vergl. Fig. 1, Taf. II). Figur 1, 2, 3 und 4 auf Taf. I zeigen Querschnitte durch diesen Teil eines Armes. Die Nervenfasermassen sind quer durchschnitten und treten dann in Gestalt einer feinkörnigen Masse auf.

Zwischen je zwei Wirbeln liegt dem Nervenstamm oralwärts nur eine Schicht von Zellen auf, wie der stark vergrößerte Querschnitt Fig. 10 auf Taf. II erkennen läßt. Auf der dorsalen oder apicalen Seite treten die querdurchschnittenen, in geringer Anzahl vorhandenen (dorsalen) Nervenfibrillen auf und ihnen aufgelagert Zellen, Ganglienzellen gz^2. In der Mittellinie des Nervenstammes verläuft das radiäre Blutgefäß, welche auf Taf. I in allen Figuren zu sehen ist und in Fig. 10 auf Taf. II stärker vergrößert wiedergegeben ist (*bl*).

Eine bisher den Beobachtern entgangene Erscheinung ist folgende. Vom Blutgefäß *bl* aus ziehen, die Nervenfasermasse nf^1 senkrecht durchsetzend, grobe Stränge bis zu den ventral-peripher gelagerten Zellen. Welcher Natur sind diese Stränge? Nervöser Natur sind sie nicht, da sie sich mit neutraler Karminlösung in anderer Weise als die Nervenfibrillen färben und mit Osmiumsäure behandelt einen anderen Ton annehmen als die echten Nervenfasern.

Da nun aber diese Fortsätze nur in der Mittellinie des Nervenstammes sich an dieser Stelle finden, so könnte man daran denken, sie als feinste Blutcapillaren in Anspruch zu nehmen. So oft und so viele Präparate ich aber auch untersucht habe, immer erhielt ich die Überzeugung, daß diese Fortsätze an der hyalinen dorsalen Membran sich anheften und solide Gebilde seien. Weiter aber ist noch folgendes in Betracht zu ziehen. Diese Fortsätze lassen sich, wie auch die Figuren 10 und 11 auf Taf. II zeigen, bis zu dem ventral-peripheren Zellbelag verfolgen, ja hängen mit diesem zusammen.

Da es nicht angeht, bei der Klein- und Feinheit des Nervenstammes Mazerationspräparate anzufertigen, welche sichere Resultate bieten könnten, brachte ich Querschnitte in Glycerin und isolierte durch Klopfen auf das Deckglas die einzelnen Elemente des Nerven. Fig. 12 auf Taf. II zeigt zwei Zellen, welche in direktem Zusammenhang mit je einem Fortsatz stehen

und ich nenne diese Zellen Stützzellen. Sie sind dazu da, sowohl den Nervenfibrillen selbst als auch dem Blutgefäße eine feste Stütze zu geben.

Nebenher will ich erwähnen, daß ich auf mit Chromsäure gehärteten und mit Weigert'scher Nerven-Färbung behandelten Schnitten diese Fortsätze oft spiralig aufgerollt vorfand, so daß es gerechtfertigt scheint, ihnen eine gewisse Elastizität zuzuschreiben.

Alle Zellen, welche nicht solche Fortsätze ausgeschieden haben, nehme ich als Ganglienzellen in Anspruch. Es besteht somit der ventral-periphere Zellbelag zwischen je zwei Wirbeln aus einer Schicht von teils Ganglien-, teils Stützzellen. Diese Zellen selbst bespreche ich weiter unten im Zusammenhang ebenso wie die dorsal-peripher gelagerten.

Untersuchen wir den Radiär-Nervenstamm da, wo ein Füßchenpaar liegt und sich aus ihm Nervenzüge zu diesen abzweigen, so sehen wir, daß der ventral-periphere Zellbelag noch immer einschichtig ist und selbst jenseits des Füßchens (Fig. 3 auf Taf. I) diesen Bau beibehält. Je weiter wir aber jetzt die folgenden Schnitte durchmustern, desto verändert sind die Bilder, die sich uns jetzt bieten: Wir treffen einen ventral-peripheren mehrschichtigen Zellbelag an, der ziemlich unvermittelt auftritt und die Mitte des Wirbels einnimmt (vergl. Fig. 1 und 2 auf Taf. II und Fig. 6 ebenda). Zu gleicher Zeit ist die allgemeine Gestalt des Nerven, wie sie der Querschnitt zeigt, verändert (Fig. 5 auf Taf. I).

In gleicher Weise finden wir nun auch den dorsal-peripheren Zellbelag verdickt, wie dieselben Figuren zeigen, besonders aber Fig. 5 und 6 auf Taf. II.

Der ventral-periphere Zellbelag und seine Ganglien.

Wir haben denselben bereits betrachtet, soweit er einschichtig erschien und im Bereich der jedesmaligen Intervertebralmuskeln gelegen war. Im Bereich der Wirbel sehen wir denselben mehrschichtig und ist der Übergang zwischen den einschichtigen und mehrschichtigen Zellenlagen, wie schon erwähnt, ein meist sehr unvermittelter, wie Fig. 6 auf Taf. II überzeugen kann.

Der mehrschichtige Zellbelag kann, da er sich aus Ganglienzellen zusammensetzt, als die ventral-peripheren Ganglien der radiären Nervenstämme zusammengefaßt werden.

Bei schlechter Konservierung sieht man auf Quer- wie Längsschnitten nur Kerne, und es scheint, als bestänen diese Ganglienknoten nicht aus Zellen. Gut konserviertes Material zeigt aber, daß Zellgrenzen vorhanden sind und daß die Ganglienzellen einen hellen Leib besitzen, während tingierbare Substanz oft nur im nächsten Bereich des Kernes liegt.

Die Ganglienzellen besitzen einen kugligen Kern, welcher 0,003—0,004 mm im Durchmesser mißt und ein Netzwerk sehr deutlich zeigt.

Die Zellsubstanz ist sehr hell und nur im nächsten Bereich des Kernes findet sich eine geringe Menge feinkörniger tingierbarer Substanz und nur in seltenen Fällen färbte sich der Ganglienzellenleib vollkommen (vergl. Fig. 5 auf Taf. IV). Der Leib selbst erscheint auf Klopfpräparaten stachlig oder sternförmig, die Fortsätze sind stets abgerissen. Immerhin läßt sich soviel feststellen, daß die Ganglienzellen multipolar sind.

Stützzellen kommen in diesen Ganglienknoten nicht vor; sie treten an der Grenze derselben auf, da, wo das Ganglion abgeflacht ist und in den einschichtigen Zellbelag übergeht, welcher im Bereich der Intervertebralmuskeln liegt.

Der dorsal-periphere Zellbelag und seine Nervenfasern und Ganglien.

Daß die Zellen, welche dem radiären Nervenstamm auf seiner dorsalen (apicalen) Fläche aufgelagert liegen, Ganglienzellen sind, habe ich bereits betont. Wir treffen diese Zellen ebenfalls wie die ventralen in bestimmte Territorien eingeteilt, Ganglien bildend. Zwischen den Ganglien verlaufen die Nervenfasern, von nur wenigen Zellen bedeckt. Die Ganglien sind denen der ventralen Fläche parallel gelagert, also im Zentrum des Wirbels, während die Zwischenwirbelpartie frei von ihnen ist. Die Ganglien sind paarig angeordnet, wie Querschnittbilder Fig. 4, 5, 6 auf Taf. I, erkennen lassen, Das hat seinen Grund darin, dass die Blutlakune in der Mittellinie des Nervenstammes (parallel zu diesem) verläuft und so nur rechts und links von ihr Platz für die Nervenfasern mit ihrem Zellbelag ist. Die Ganglien bestehen aus höchstens zwei bis drei Lagen von Zellen, welche da, wo der Intervertebralnerv entspringt (Fig. 6, Taf. II), diesen ein Stück begleiten. Die Nervenfasern sind, wie Längsschnitte zeigen, von gleicher Beschaffenheit, Feinheit und Zartheit wie die ventral liegenden. Die Ganglienzellen besitzen einen großen Leib, der

glasig hell erscheint und sich deutlich abhebt, so dass man an eine Membran denken könnte, welche ihn umhüllte. Eine solche ist aber nicht vorhanden. Vom kugligen Kern aus sieht man oft sehr deutlich feinkörnige Stränge durch die helle Zellsubstanz sich erstrecken, ebenso wie um den Kern eine feingranulierte färbbare Masse angehäuft liegt. Daß diese Zellen feine Fortsätze besitzen, läßt sich schwer erkennen, immerhin ist es mir mehrere Male gelungen, ihre sternförmige oder spindelige Gestalt zur Anschauung zu bringen. Die Größe dieser Zellen beträgt ungefähr 0,01 mm, die ihres Kernes 0,004 mm.

Während wir so die Ganglienzellen als peripher gelagert erkannt haben, ist noch hervorzuheben, daß, allerdings sehr selten, hier und da regellos Ganglienzellen zwischen der Hauptmasse der Nervenfibrillen angetroffen werden. Sie unterscheiden sich insofern von den übrigen, als man solche mit ovalem Kern antrifft. Diese dürften wohl bipolaren Zellen angehören. Zwischen den beiden Ganglien besteht eine Verbindung, welche schon Lange gesehen und abgebildet hat. Diese Kommissur erstreckt sich als aus Nervenfibrillen bestehend quer über die Blutlakune, und zwar liegt sie da, wo die Intervertebralnerven entspringen, wie derselbe Autor richtig beobachtet hat.

3. Die vom radiären Nervenstamm entspringenden Nervenzüge, ihr Verlauf und ihre Ganglien.

Um die in regelmäßigen Abständen vom radiären Nervenstamm austretenden Nervenzüge zur Anschauung zu bringen und ihr Verhalten in ihren Verzweigungen darzulegen, habe ich auf Tafel I eine Reihe von aufeinanderfolgenden Bildern gegeben, die sämtlich mit der Camera gezeichnet worden sind.

Den einzelnen Nerven habe ich ebenso wie den in ihrem Verlauf vorkommenden Ganglien besondere Namen gegeben, um damit die Regelmäßigkeit ihres Vorkommens anzudeuten.

Nervi laterales primi. Unter dieser Bezeichnung fasse ich die paarigen Nervenzüge zusammen, welche da austreten, wo die Füßchen gelagert sind, also im Bereich der Zwischenwirbelmuskeln (vergl. Fig. 2, Taf. I).

Das nach einer stärkeren Vergrößerung in Fig. 1 auf Taf. IV gezeichnete Bild giebt die Art und Weise dieses Austrittes des ersten Lateralnerven wieder. Es formieren sich aus der zentralen

Nervenmasse, die quer durchschnitten ist, an den Seitenenden Nervenfibrillen zu einem Bündel und ziehen, ventralwärts von Ganglienzellen aus dem ventral-peripheren Zellenbelag begleitet, bis zum Füßchen. Weiter beteiligen sich aber bei der Bildung dieses Nerven Fibrillen des dorsal-peripheren Belages, wie sich auf Schnittserien leicht verfolgen läßt.

An dem Füßchen angekommen, umgreifen sie dasselbe, indem es zur Bildung eines Ganglions kommt, welches ich als Ganglion pedale zu bezeichnen vorschlage. Dieses Ganglion liegt in der Bindesubstanz, in welche der Lateralnerv — nach seinem kurzen Verlauf im radiären Schizocoelkanal — eingetreten ist.

Ein Querschnitt durch das Ganglion zeigt, daß seine Fasern zirkulär verlaufen. Die Ganglienzellen, welche peripher liegen, lassen dieselbe Gestalt wie die in den Nervenstämmen erkennen. Nur hier und da sieht man eine Zelle zwischen den Nervenfasern gelagert.

Von diesem Ganglion pedale entspringen verschiedene Nerven. Zunächst erwähne ich einen Nervenzug, welcher ventralwärts sich wendet und der Wandung des Schizocoelkanals eng anliegend verläuft.

1) Der Nervus ventralis. Beide Nerv. ventrales, der der rechten und der der linken Seite, treffen sich in der Medianlinie der Ventralseite und hier kommt es zur Bildung eines Ganglions, des Ganglion ventrale (Fig. 1, Taf. I *G.v.*). Dieses Ganglion mit seinen großen Zellen kann in zwei Teile zerfallen, gewöhnlich aber zeigt sich eine gemeinsame Masse. Fig. 8 auf Taf. II zeigt dasselbe stärker vergrößert. Die Zellen sind anscheinend unipolär und läßt sich nur ein Fortsatz, welcher ventralwärts gewendet ist, erkennen. Die Ganglienzellen färben sich mit neutraler Karminlösung rosa, ihre Größe kann mit 0,007 mm, die ihres kugligen Kernes mit 0,005 angegeben werden. Von diesem Ganglion ventrale strahlen Nervenzüge von geringem Durchmesser (0,004 bis 0,003 mm) ventralwärts, um nach mehrfachen Verzweigungen, die verkalkte Bindesubstanz durchsetzend, im Epithel der Ventralfläche zu enden (Fig. 2, Taf. I und Fig. 5, Taf. III). In welcher Weise dies geschieht, weiter unten.

Vom Ganglion pedale nehmen aber außer je einem Ventralnerven noch folgende Nerven ihren Ursprung:

2) Ein Nervus pedalis, welcher in das Füßchen eintritt und in später zu beschreibender Weise bis zur Spitze desselben

verfolgt werden kann. Er besteht aus einem Bündel Nervenfasern, denen Ganglienzellen meist peripher aufgelagert sind und ist auf dem Querschnitt rundlich bis eiförmig. Weiter nimmt

3) ein Nervus apicalis aus dem pedalen Ganglion — und zwar aus dem der Dorsalseite zugekehrten Fläche — seinen Ursprung und zieht immer dem Coelomepithel angelagert nach der Rückenfläche, um sich hier in verschiedene Nervenzüge aufzulösen, die ihrerseits zum Rückenepithel ziehen, wie Fig. 2 und 1 auf Taf. I zeigen. Zur Bildung eines Ganglions wie auf der Ventralseite kommt es nicht, da die beiderseitigen Nervenzüge nicht zusammentreffen und verschmelzen. Weiter nehmen ihren Ursprung

4) ein Nervus musculor. intervertebralium, welcher in den Wirbel eintritt und sich hier verzweigt, teilweise aber in einem Ganglion, dem Ganglion intervertebrale zu enden scheint, von welchem aus weitere Nervenzüge austreten und die Intervertebralmuskeln versorgen. Da aber mit diesem Ganglion noch die Nervenfasern des Nervus musculor. intervertebral. zusammenhängen, so komme ich bei Besprechung des letzteren nochmals auf dasselbe.

5) Als Nervi laterales II bezeichne ich Nervenzüge, welche teils vom Pedalganglion, teils aber unmittelbar hinter demselben aus dem Nervenstamm austreten, wie Fig. 4 Taf. I lehrt. Der Austritt dieser Nerven ist in Fig. 6 Taf. III in ihrer weiteren Verzweigung sehr gut zu sehen. Unmittelbar nach ihrem Ursprung teilt sich die Nervenmasse in eine Anzahl von baumförmig ausstrahlender Nervenzüge, welche teils in der verkalkten Bindesubstanz nach dem Rücken, teils nach der Seite, teils nach der Ventralseite ziehen. Ihr Ziel ist das Körperepithel. Einzelne Züge treten auch in den Wirbel selbst ein und lassen sich hier verfolgen bis zum Epithel der radiären Wassergefäße, zu deren Muskulatur (s. unten) sie herantreten.

Hervorzuheben ist, daß bei der Bildung der Nervi laterales II sich Nervenfasern und Zellen des dorsal-peripheren Belages beteiligen.

An der Stelle, an welcher diese Nerven entspringen, ist der ventrale Belag des Nervenstammes bereits stark verdickt, man erkennt 2—3 Lagen von Ganglienzellen, das heißt, wir sind bereits im Bereich des Wirbels und eines vertebralen Ganglions des Nervenstammes. Die nächsten Schnitte, Fig. 5 und 6 auf Taf. I zeigen dies deutlich. Auf diesen Schnitten sehen wir überall noch

die Verzweigungen unserer Nerven, wie sie in baumförmiger Verästelung zum Körperepithel streben. Im Zentrum der vertebralen Ganglien erhebt sich ein Nervenpaar, die Nervi musculorum intervertebralium I (Fig. 5, Taf. I). Sie laufen parallel zu einander dorsalwärts und treten in den Wirbel ein. Auf den folgenden Schnitten trifft man sie in Gestalt zweier annähernd kuglicher Gebilde an, indem sie querdurchschnitten sind und in einem Bogen verlaufen, den folgenden Intervertebralmuskeln zustrebend. Ihr Verlauf ist auf einem Längschnitt durch den Arm (Fig. 1, Taf. II) am besten zu erkennen. Sie enden, wenigstens der größte Teil ihrer Fasern, im Ganglion intervertebrale, durch welches eine Verbindung mit dem Nerv. muscul. interv. II hergestellt wird, denn auf Fig. 9 folgt fast unmittelbar Fig. 1 (Taf. I), also ein Querschnitt unmittelbar vor dem Ursprung der Füßchen geführt.

Diese Nervi muscul. intervertebr. I entspringen nicht aus der zentralen Nervenfasermasse, sondern aus dem dorsal-peripheren Belag, und zwar ist hier dieser Belag ungemein verdickt, er bildet ein Ganglion (Fig. 5, Taf. I und Fig. 1, Taf. II). Wie sich im einzelnen dieser Ursprung gestaltet, zeigt ein Längsschnitt durch den Nervenstamm. In Fig. 6, Taf. II ist der dorsale Zellbelag mit nf^2 bezeichnet, der Nerv mit *Nmi I.* An seiner Basis sehen wir die großblasigen Ganglienzellen angehäuft, während der Nervenzug selbst durch den Schizocoel-Längskanal hindurchsetzt und in die verkalkte Bindesubstanz eintritt. Der Durchmesser dieses Nervenzuges beträgt an allen Stellen 0,008 mm; die Breite des radiären Nervenstammes an der Stelle des Ursprunges 0,17 mm; die Höhe 0,05 mm; die Höhe des ventral-peripheren Ganglions 0,02 mm.

Als weitere vom radiären Nervenstamm selbst sich abzweigende Nerven führe ich auf:

Nervus lateralis III, rechts und links je einer (Fig. 7, Taf. I). Es sind die schwächsten der Lateralnerven. Ihre Verzweigung beginnt bald nach ihrem Eintritt in die seitlichen Körperteile und strahlen sie sich mehr und mehr verästelnd bis zu der Haut, dem Körperepithel. Einzelne der Aeste nehmen ihren Weg zum Epithel der ventralen Seite. Kurz nach dem Austritt dieser Nerven, welcher noch im Bereich eines Ganglions des ventralen Zellbelages geschieht, tritt der Nervenstamm in den Bereich der Intervertebralmuskeln ein.

Über den Verlauf der zum Epithel ziehenden Nervenäste ist noch einiges hinzuzufügen. Betrachtet man Fig. 1 auf Taf. II, so

sieht man, wie das Epithel der Ventralseite vor allem versorgt wird durch die Nerven, welche vom Ganglion ventrale ausgehen, und daß der zwischen je zwei Ganglien liegende Teil der Ventralseite besonders nervöser Natur ist. Zwischen diesen beiden hauptsächlich mit Nervenendigungen versehenen Stellen sind nur im geringeren Maße solche vorhanden. Von welchen Nervenzügen diese herrühren, ist bereits besprochen.

Weiter ist aus Fig. 2 auf Taf. II der eigentümliche Verlauf der Nervi apicales ersichtlich, welche nach der dorsalen Medianlinie des Armes zu streben und fortwährend Äste zum Hautepithel entsenden. Diese besonders nervösen Stellen der Rückenhaut entsprechen in ihrer Lage denen der ventralen Seite, sie liegen ebenfalls zwischen je zwei Wirbeln und lassen sich am lebenden Tiere als die besonders prominierenden Stellen der Rücken- wie Bauchfläche bezeichnen.

Zu diesen Nerven kommen noch zehn Nervenäste hinzu, welche Ludwig [1]) aufgefunden hat und welche zu den Bursae führen, die Nervi bursarum. Sie entspringen aus dem Ganglion pedale des zweiten Mundfüßchenpaares.

Von den soeben beschriebenen Nerven war bekannt ein sog. Füßchennerv, wie er von den Autoren genannt wird und durch Teuscher [2]) war der Nerv. intervertebralis I abgebildet worden. Über seinen Ursprung aber erfahren wir nichts genaueres. Ludwig [3]) hat dann den Verlauf dieses Nerven geschildert. Nicht übereinstimmen kann ich mit ihm, wenn er die Nerven zu den Mundfüßchenpaaren vom radiären Nervenstamm herleitet. Sie entspringen unstreitig vom Gehirnring und habe ich sie bei Besprechung desselben zu beschreiben.

Der ventrale periphere Zellbelag wird in ganzer Ausdehnung von einer hyalinen, sich nicht färbenden Membran gegen den Schizocoelkanal abgegrenzt; diese ist in Fig. 6 auf Taf. III mit *M.* bezeichnet. Bei Besprechung der Schizocoelräume komme ich nochmals auf dieselbe.

---

1) Ludwig, Neue Beiträge zur Anatomie der Ophiuren, in: Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 34, 1880.

2) Teuscher, Jenaische Zeitschrift, Bd. 10.

3) Ludwig, Morpholog. Stud. an Echinod., in: Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 31, 1878.

4. Der Gehirnring.

Der Gehirnring liegt nicht mit den radiären Nervenstämmen in einer Ebene, sondern höher als diese und steigen die letzteren, ehe sie denselben bilden, aufwärts, wie Fig. 3 auf Taf. II zeigt. Dieser Längsschnitt durch das ganze Tier zeigt am besten den Verlauf des Gehirns unmittelbar in der Nähe des Schlundes. Er wird da, wo die fünf Mundfüßchen liegen, nur von einer geringen Menge verkalkter Bindesubstanz überdeckt, wie Fig. 1, Taf. II zeigt.

Der Gehirnring liegt wie die radiären Stämme in einem Hohlraum, einem zirkulär verlaufenden Schizocoel-Ringkanal. Er ist nicht im Zentrum desselben quer aufgehangen, sondern liegt meist so, daß der Kanal als einlumig erscheint, und oralwärts direkt an die Bindesubstanz zu stoßen scheint (Fig. 1, Taf. III).

Querschnitte durch den Gehirnring zeigen, daß der ventrale Zellbelag in zwei Anhäufungen oder Ganglien getrennt ist. Ein solches Bild giebt der Gehirnring unmittelbar nach dem Eintritt eines Nervenstammes (Fig. 4, Taf. III). Dabei ist der dorsale Zellbelag mit seinen großblasigen Zellen und seinen Nervenfasern, welche ebenfalls zirkulär verlaufen, sehr gut zu beobachten.

Ein Querschnitt an der Stelle, wo eins der fünf Mundfüßchen entspringt (Fig. 1 auf Taf. III), zeigt beide Ganglien in ungleicher Gestalt. Das dem Darme zugekehrte ist gut ausgebildet, während das zweite weniger hervortritt, dafür aber viele Ganglienzellen im Innern der konzentrisch verlaufenden Nervenfasermasse liegen. Fig. 2, Taf. IV zeigt hingegen wiederum beide Anhäufungen von Zellen deutlich hervortretend.

Feinerer Bau. Während in den radiären Nervenstämmen die Zellen mit ihren kugeligen Kernen keine besondere Differenz im Bau zeigten, können wir im Gehirnring zwei verschiedene Formen von Zellen unterscheiden, welche man wohl beide als Ganglienzellen zu deuten haben wird, da Stützfasern von keiner Zelle ausgeschieden sind. Sie fehlen im Gehirnring vollständig. Beide Zellformen unterscheiden sich zunächst durch ihre Größe. Die einen sind peripher gelagert, von kleinerer Gestalt und besitzen einen kugligen Kern, welcher sich tief dunkel färbt.

Die zweite Zellform zeichnet sich durch ihren großen Leib aus, dessen feinkörnige Substanz mäßig den Farbstoff aufnimmt, und durch einen großen Kern, von ebenfalls kugliger Gestalt.

Dieser Zellkern färbt sich nur wenig und sind so diese Zellen leicht von den übrigen zu unterscheiden. Dabei liegen sie mehr zentral, umhüllt von den kleineren Zellen (Fig. 4, Taf. III).

Die Zellgrenzen der kleineren Zellen sind sehr schwer zu erkennen und kann ich über ihre Form wenig aussagen. Der Kern mißt 0,003 mm.

Die großen Ganglienzellen, wie sie Fig. 5 auf Taf. IV zeigt, besitzen eine ovale Gestalt und lassen einen oder mehrere Fortsätze, welche der Nervenfasermasse zugekehrt sind, erkennen. Ihre Größe variiert zwischen 0,007 mm und 0,01 mm. Ihr Kern mißt 0,004 mm. Beide Kernformen zeigen ein Kernnetz sehr deutlich erhalten.

Die Ganglienzellen des dorsalen Belages zeigen dieselben Formen wie in den radiären Nervenstämmen. Sie sind an einzelnen Stellen angehäuft, ohne daß aber eine besondere Regel sich aufstellen ließe (Fig. 2 auf Taf. III).

Diese beiden Zellformen, welche schon im letzten Abschnitt des Nervenstammes hervortreten, sind bisher noch nicht beobachtet worden. Es unterscheidet sich somit der Gehirnring vom Nervenstamm ganz wesentlich im Bau (ausgenommen Ophiothrix fragilis).

5. Die vom Gehirnring austretenden Nervenzüge.

Vom Gehirnring treten eine ganze Reihe größtenteils bisher unbekannter Nervenzüge aus, so zunächst zehn Nervenzüge zu den zehn oberen Mundfüßchen; zwischen diesen gelegen fünf Nervenzüge zu den inneren adoralen Muskeln (Musc. interrad. adoral. intern.) und zu den äußeren (Musc. interrad. adoral. extern.).

Außerdem treten zehn Nervenzüge vom Gehirnring aus in die Wandung des Schlundes ein (Fig. 2, Taf. III). Es verlaufen diese Nervenzüge der Bindesubstanzschicht des Darmes aufliegend zwischen den basalen Fortsätzen der Schlundepithelzellen.

Verfolgen wir den Austritt der Nervenzüge, welche zu den Muscul. interrad. ziehen, so sehen wir, wie der größte Teil ihrer Nervenfasern aus der zentralen Masse des Gehirnringes austreten und wie Ganglienzellen ihnen peripher aufliegen. Es kommt zur Bildung eines Ganglions, das heißt einer Anhäufung von Ganglienzellen nicht weit nach dem Ursprung des Nerven, wie Fig. 2 auf Taf. IV zeigt, und hierauf tritt eine Gabelung ein, indem die einzelnen Züge zu den inneren Interradialmuskeln ziehen und diese

geradezu umspinnen (n^1 und n^2 in Fig. 2). Diesen Nervenzug will ich als Nerv. muscul. interrad. intern. bezeichnen im Gegensatz zu einem zweiten, dem Nerv. muscul. interrad. extern., welcher sich direkt zu den äußeren Muskeln (*Mie* in Fig. 2) wendet und diese umspinnt. Auch hier kommt es zur Bildung eines Ganglions. Beim Ursprung des letzten Nerven beteiligen sich unstreitig auch Fasern und Zellen des dorsalen Belages neben solchen der zentralen Nervenmasse.

Geschichtliches. Der Bau des Gehirnringes mit seinen zweierlei Ganglienzellen war bisher unbekannt, denn auch der letzte[1]) Untersucher der Ophiuren ließ die ferneren Verhältnisse absichtlich unberücksichtigt.

Koehler hält den dorso-peripheren Zellbelag für bindegewebiger Natur, sowohl im Gehirnring wie in den radiären Nervenstämmen.

Ich glaube aber, daß er, sobald gezeigt worden ist, daß die dorsalen Intervertebral-Nerven ihren Ursprung allein aus diesem Zellbelag mit seinen Fasern nehmen, nicht anstehen wird, seine Ansicht fallen zu lassen und mir beizupflichten.

Über die Arbeit von Apostolidés[2]), soweit sie das Nervensystem anlangt, habe ich folgendes zu bemerken. Seine Angaben stehen mit denen sämtlicher übriger Forscher in Widerspruch, wie Koehler schon hervorhebt. Auf seine Resultate einzugehen verlohnt nicht der Mühe, da Figuren wie Fig. 4 auf Taf. X nur gewonnen werden können, wenn man nicht gut konserviertes Material vor sich hat. Ob das, was uns in Abbildungen gezeigt wird, überhaupt das Nervensystem darstellt, ist mir überdies noch sehr fraglich.

6. Die Hautnerven und die Nervendigungen.

Der Ursprung der zur Haut ziehenden Nervenzüge ist bereits geschildert worden, so daß ich nur hier die Verzweigungen in der verkalkten Bindesubstanz bespreche.

Ein Blick auf das Querschnittsbild Fig. 6 auf Taf. III zeigt, in welcher Weise die bisher noch unbeschrieben gebliebenen Nerven sich verästeln und zur Haut strahlen.

---

1) Koehler, Appareil circulatoire des Ophiures, in: Annal. d. scienc. natur., 7. Sér., Bd. 2, 1887.

2) Apostolidés, Anatomie et Développement des Ophiures, in: Arch. Zool. expér., T. 10, 1882.

Die einzelnen Nervenbündel von feinsten eng miteinander verbundenen Nervenfasern verlaufen in der Bindesubstanz, welche unverkalkt geblieben ist und in den Lücken und Hohlräumen der Kalkplatten liegt. Alle die hellen Stellen in der Figur werden von dem Kalkskelett eingenommen, welches durch Säurebehandlung entfernt worden ist. Man hat sich die unverkalkte Bindesubstanz als ein Maschennetz vorzustellen, in welchem die Maschen von dem Kalkskelett eingenommen, die Fäden aber die restierende Bindesubstanz vorstellen. In letzterer eben verlaufen die Nervenzüge.

Der Durchmesser derselben, annähernd kreisrund, schwankt zwischen 0,01 und 0,004 mm. Große Ganglienzellen, welche die fixen Bindesubstanzzellen an Größe des Kernes überragen, liegen ihnen peripher aufgelagert und da, wo eine Teilung eines Nerven eintritt, gewöhnlich in größerer Anzahl. Es lassen sich alle Nervenzüge bis zum Körperepithel verfolgen; hier enden sie in eigentümlicher Weise.

Das Körperepithel, die Epidermis besteht mit Ausnahme weniger getrennt zu besprechender Stellen aus einer Schicht von Zellen, welche annähernd kubisch geformt sind. Am erwachsenen Tiere sind die Zellgrenzen nicht mehr wahrnehmbar und die Zellkerne von kugliger Gestalt lagern in einer feinkörnigen Substanz. Ja es kann sogar vorkommen, daß die Epidermis von der Cutis, der verkalkten Bindesubstanzschicht kaum zu trennen ist, weil eine Basalmembran fehlt.

An gut konservierten Tieren ist ein einschichtiges Epithel stets zu unterscheiden. Erkennt man ein solches nicht, so ist das Material nicht in zur Untersuchung dienlichem Zustande.

Eine Cuticula, welche je nach der Konservierungsflüssigkeit bald stark, bald in geringerem Maße hervortritt, überzieht das Epithel und fehlt nur an wenigen Stellen. Ihre Dicke beträgt 0,002 mm; die Höhe des Epithels 0,005 mm.

An denjenigen Orten nun, wo ein Nervenzug in senkrechter Richtung zum Epithel tritt, ist derselbe verdickt. Der Nervenzug endet, indem er sich trichterförmig ausbreitet und Fasern nach den verschiedenen Richtungen im Umkreis der Zellenanhäufung ausstrahlen, während ein Teil in den Epithelzellen zu enden scheint. In welcher Weise die Endigung vor sich geht, ist bei der Kleinheit des Objektes nicht zu erkennen und Mazerationspräparate ließen mich vollständig im Stich. Da ich nun aber in den Füßchen und an anderen Stellen des Körpers bessere Resultate erhalten

habe, so kann man vielleicht mit Recht schließen, daß die allgemein und am öftersten vorkommende Nervenendigung nicht verschieden sein möge von der an speziellen Stellen sich findenden.

Am Eingange und im Innern der Geschlechtstaschen (Bursae) ist das Körperepithel stark verdickt. Hier stehen Wimperzellen oft in Trupps angeordnet, welche durch ihre sich tief dunkel färbenden Zellkerne hervortreten, da die Kerne der gewöhnlichen Epithelzellen mit neutraler Karminlösung sich nur hellrosa färben. Diese Zellen haben eine zylindrische Gestalt und verjüngen sich basalwärts in feine Fortsätze. Fig. 7 auf Taf. III giebt eine Nervenendigung im Wimperepithel einer Bursa wieder.

Die schönsten Nervenendigungen kann man aber an den Füßchen von Ophiothrix fragilis sehen.

7. Die Sinnesknospen der Füßchen von Ophiothrix fragilis.

Die Füßchen dieser Art sind, wie man schon bei schwacher Lupenvergrößerung erkennt, über und über bedeckt mit Hervorragungen, welche sich kegelförmig von der Spitze desselben bis zur Basis erheben.

Die Füßchen sind am Spiritusmaterial weiß-gelblich gefärbt; in ihren Enden ist Pigment von nicht mehr bestimmbarer Farbe angehäuft.

Wie man an vollständig ausgestreckten Füßchen sieht, stehen die Sinnesknospen in Reihen angeordnet, welche sich in bestimmten Zwischenräumen folgen. Geht der Querschnitt mitten durch eine solche Reihe, so bekommt man alle diese Sinnesorgane quer durchschnitten. Dies ist natürlich selten der Fall, da die Füßchen immer mehr oder minder gekrümmt sind. Fig. 3 auf Taf. IV giebt einen Querschnitt durch ein Füßchen lediglich zur Orientierung der einzelnen Schichten wieder. Zwischen den Sinnesknospen besteht die Haut aus einschichtigem Epithelbelag. Unterhalb des Epithels folgt die Bindesubstanzschicht, in welcher die Knospen mit ihrem inneren Teile liegen. Eine hyaline elastische Membran grenzt diese Schicht ab gegen die Längsmuskelschicht und das den zentralen Hohlraum auskleidende Epithel. In jedem Füßchen verläuft ein Nervenzug, von der Basis bis zur Spitze in einer geraden Linie, in der Bindesubstanzschicht der elastischen Membran gelagert (*N* in Fig. 3, Taf. IV).

Dieser Nervenzug, welcher in Fig. 4 auf Taf. IV vergrößert dargestellt ist, besteht aus feinsten, parallel zur Fußaxe verlaufenden

Fasern und einem peripheren Ganglienzellenbelag. Auch zwischen den Fasern können Zellen vorkommen.

Zwei Sinnesknospen zeigt dieselbe Figur 4 der Länge nach durchschnitten. Ihre Gestalt kann wohl mit der eines Kegels verglichen werden. Die Spitze, welche kuglig aufgetrieben ist, läßt noch an den Spirituspräparaten feine, offenbar meist abgebrochene Stäbchen erkennen, Sinnesborsten, wie wohl mit Recht zu sagen ist.

Der vordere Abschnitt dieser Knospen zeigt eine Längsstreifung, welche auf die Gestalt der Zellen, die die Knospe zusammensetzen, ein Licht zu werfen geeignet ist. Die große Menge der Zellkerne, welche in mehreren Reihen übereinander gelagert, den basalen Teil der Sinnesknospe ausfüllen, gehören zu fadenförmigen Zellkörpern, welche in einer kaum hervortretenden Anschwellung den ovalen Kern tragen. Basalwärts setzen sich diese Zellen in feinste Fasern fort, Nervenfibrillen, welche in Gestalt eines Nervenbündels an der Basis austreten und nach dem Zentrum des Füßchens zustreben (*kn* Fig. 4).

Die Sinnesknospen liegen in Reihen angeordnet, wie ich schon hervorhob. Entsprechend dieser Lage treten in jeder Reihe aus dem Hauptnerven, welcher zur Fußachse parallel lagert, rechts und links Nervenfibrillen aus, welche konzentrisch verlaufen. Zu diesen ziehen die einzelnen Nervenzüge der Sinnesknospen, wie Fig. 3 und Fig. 4 auf Taf. IV zeigt. Der Ringnervenzug ist mit *rn*, der von einer Knospe kommende mit *kn* gekennzeichnet, der Hauptnerv mit *hn*. Die Länge dieser Knospen beträgt bis 0,1 mm, ihre größte Breite 0,05 mm, die Breite des ganzen Füßchens im unteren Teile etwa 0,4 mm. Da die einzelnen Nervenzüge keineswegs leicht zu erkennen sind, so hat man verschiedene Methoden zu ihrem Nachweise anzuwenden, besonders gut zeigen Osmium-Pikrokarminpräparate dieselben.

8. Das Nervensystem von Ophiothrix fragilis.

Viele der bei der vorigen Art nicht ganz deutlich hervortretenden Verhältnisse lassen sich bei dieser größeren Form besser erkennen. Die einzelnen vom radiären Nervenstamm entspringenden Nerven sind kompakter, größer und die Ganglienzellen sowohl im ventralen wie dorsalen Belag mit ihren Fasern in mancher Hinsicht besser zu studieren.

Der radiäre Nervenstamm zeigt wie bei der vorigen Art einen gegliederten Bau. Er zerfällt in Strecken mit ganglionären

Anschwellungen und solche, wo nur ein einfacher einschichtiger Zellenbelag vorhanden ist. Der bilaterale Bau des Nervenstammes tritt bei dieser Gattung aber noch weit deutlicher hervor. Man kann im Bau der Ganglien eine sich an allen Stellen des Nervenstammes gleichbleibende Anordnung in der Lagerung der Ganglienzellen erkennen. Es sind diese nicht in einer gleichmäßig starken Anhäufung vorhanden, wie es bei Ophiol. alb. der Fall war (vergl. Fig. 5, Taf. II), sondern in Trupps gesondert, welche auf dem Querschnitt als Pyramiden in die zentrale Nervenfasermasse hineinragen (Fig. 6, Taf. IV), und zwar in der Weise, wie es die Fig. 6 zeigt. Jederseits von der Mittellinie sind zwei Anhäufungen zu erkennen, welche in der Mitte des Ganglions am stärksten hervortreten, an den Enden desselben nach und nach verstreichen. Eine solche Lagerung hat Simroth [1]) bei Ophiactis virens beschrieben. Für mich lag besonders deshalb ein Grund vor, diese Angaben nachzuprüfen, weil sie von Ludwig [2]) ebenso wie der radiäre Bau überhaupt bestritten worden sind. Simroth beschreibt fünf solche Ansammlungen. Es herrscht also hiernach eine Verschiedenheit bei den verschiedenen Formen vor. In diesem ventralen Zellenbelag kann ich sehr deutlich eine periphere Schicht kleinerer Zellen von den großen zentral gelagerten Ganglienzellen unterscheiden. Die kugligen Zellkerne der ersteren messen 0,003 mm, die der letzteren 0,006 mm.

Der dorsale Zellenbelag und seine Fasern. Konnte ich schon bei den kleinen Ophiogl. alb. nachweisen, daß aus den Fasern derselben sich die Intervertebralnerven bilden, so ist der Beweis hierfür bei dieser großen Form noch deutlicher zu erbringen. Fig. 7 auf Taf. IV zeigt, wie stark die Ansammlung dieser dorsal-peripheren Nervenfasern *nf* ist. Auch hier liegen die Ganglienzellen hauptsächlich peripher dem austretenden Nervenzug auf.

Stützzellen treten in dem ventralen Zellenbelag da auf, wo die Nerven zur Bildung des Ganglion basale — an der Fußbasis gelegen — austreten. Der austretende Nervenzug ist ventralwärts von einer Schicht Stützzellen überlagert, während dorsalwärts und zwischen seinen Fasern Ganglienzellen liegen. Das Ganglion

---

1) Simroth, Anat. u. Schizoz. d. Ophiactis virens, in: Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 27, 1887.

2) Ludwig, Neue Beitr. z. Anat. d. Ophiuren, in: Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 34, 1880.

basale ist auf dem Querschnitt halbkreisförmig und besitzt eine periphere Schicht von Ganglienzellen, deren Kerne deutlich hervortreten, während ihre Grenzen wenig oder gar nicht zu erkennen sind. In jedem Ganglienknoten des ventralen Ganglienzellenbelages sind in der Mittellinie Stützfasern ausgespannt, wie Fig. 9 auf Taf. IV zeigt.

Die peripheren Nervenzüge besitzen im Verhältnis zu denen der Ophiogl. alb. einen weit mäßigeren Bau und verzweigen sich nicht in der dort geschilderten Weise. Während bei letzterer Art die Nervenendigungen überall auf der Haut beobachtet wurden, so sind bei Ophiothrix dieselben auf die Stacheln zu liegen gekommen, welche auf der Schale als kurze gedrungene oder längere Gebilde stehen, und auf den Armen als lange, schwach bedornte, an den Enden abgestumpfte Organe in Trupps sitzen.

Zu jedem dieser Stacheln zieht ein starker Nervenzug. Vor seinem Eintritt in der verkalkten Bindesubstanz bildet derselbe ein Ganglion von ungemeiner Größe. Der Nervenzug tritt in den Stachel ein und verläuft in dessen bindegewebiger Achse, Äste radienartig nach allen Seiten der Haut aussendend. Um den weiteren Verlauf dieser Nerven zu schildern, ist die Kenntnis des Baus der Stacheln nötig.

Der Bau der Stacheln von Ophiotrix fragilis.

Untersuchen wir die entkalkten Stacheln auf Längsschnitten, so erhalten wir folgendes Bild:

Die Epidermis setzt sich an der Basis der Stacheln auf diese fort und ist überall deutlich getrennt von der Cutis. Die Bindesubstanzschicht ist in der Weise angeordnet, daß sie als axialer Strang die Stacheln durchsetzt und gleichsam durch radienartig verlaufende Fäden in ihrer Lage befestigt wird. Diese Fäden oder Stränge gehen unter rechten Winkeln vom axialen Stamm ab und treten in Verbindung mit der geringen Bindesubstanzschicht, welche basal von der Haut liegt.

Bei einem Stachel von 0,2 mm Durchmesser ist der axiale Nervenzug 0,01 mm dick.

Das Ganglion, welches vor seinem Eintritte sich findet, hat eine Breite von 0,05 mm bei einer Länge von etwa 0,1 mm!

Von der Fläche betrachtet zeigt das Epithel des Stachels eine eigentümliche Ansicht. Außer den gewöhnlichen Epithelzellen, deren mit Karmin hellrosa gefärbte Kerne hervortreten,

treten in eiförmige Gruppen gesonderte Zellen vor, deren Kerne sich tief dunkel färben. Diese Zellen sind die nervösen Endzellen. Zu ihnen treten feinste Nervenäste hinzu. In welcher Weise diese Endigung geschieht, habe ich bei der Kleinheit des Objekts nicht zu enträtseln vermocht. Aber anzunehmen, daß die Endigung eine andere sei, als ich sie in den Sinnesknospen der Füßchen beschrieben habe, dazu liegt kein Grund vor (Fig. 10 und 11, Taf. VI).

Der Verlauf der von den radiären Nervenstämmen sich abzweigenden Nervenäste. Die metamere Gliederung der Nervenstämme habe ich bereits dargelegt und ich möchte in Kürze den Verlauf eines Nervenastes geben. Im Bereiche der Intervertebralmuskeln tritt aus dem Nervenstamm jederseits ein kräftiger Nervenast aus, welcher eine Höhe von 0,04 mm besitzt, während der Nervenstamm nur 0,07 mm hoch ist (Fig. 1 auf Taf. V). An dieser Figur tritt der schwachen Vergrößerung wegen die Beteiligung der dorsalen Fasermasse bei der Bildung der Nerven nicht mit hervor. Um diese zu zeigen, habe ich in Fig. 9 auf Taf. IV einen Querschnitt durch den Nervenstamm gegeben, da wo der zum Ganglion basale austretende Nerv entspringt. Auch sind auf dieser Figur die Stützfasern in der Mitte des Nerven zu sehen.

Dieser Nerv. lateral. tritt in die verkalkte Bindesubstanz ein, um alsbald ein im spitzen Winkel der ventralen Mittellinie zu laufendes dünnes Nervenbündel abzugeben. Die übrige Masse läuft im Bogen in den Seitenwirbeln dem Coelomepithel nahe bis zum Rücken. Von Zeit zu Zeit tritt ein kräftiger Ast aus, um zu den Stacheln zu ziehen. Eine kurze Strecke nach dem Ursprung liegt das schon erwähnte Ganglion, g, g^1, g^2, welches allen diesen Nerven ohne Ausnahme zukommt. Eine dichotomische Teilung dieser Nerven findet statt, wenn auch seltener; meist treten sie ohne weitere Verzweigung in den Stachel ein. Von einem so zierlichen Ausstrahlen der Lateralnerven, wie ich es bei Ophiogl. albid. aufgefunden habe, ist hier also nicht die Rede.

Ein in den Stachel eintretender Nervenzug mit seinem Ganglion ist in Fig. 11 auf Taf. IV wiedergegeben. Das Ganglion setzt sich zusammen aus peripher gelagerten, dunkelkernigen Zellen, welche eng aneinander gepreßt liegen und sämtlich multipolär sind, wie man an feinen Schnitten erkennt. Zwischen den Fasern selbst liegen bipolare Ganglienzellen, deren spindliger Zellkern deutlich hervortritt, während die Zellsubstanz, welche den Kern umhüllt, fast ganz reduziert ist. Außer diesen zwischen den Fasern gelegenen

Zellen — welche in allen vom radiären Nervenstamm entspringenden Nervenästen sich finden — trifft man peripher gelagerte ebenfalls an, wie die gleiche Figur 11 zeigt.

9. Der Fühler und das Ende des radiären Nervenstammes. (Ophiothrix fragilis.)

Betrachtet man die Enden der Arme, so zeigen sich dieselben zugespitzt. An Spirituspräparaten sind die Spitzen bei unserer Art weißlich. Die letzten Glieder jedes Armes tragen, wie bekannt ist, Haken neben ihren bedornten Stacheln. Diese Haken stehen paarweis angeordnet seitlich neben den Füßchen. Ihren Bau, ihre Muskulatur und Nerven schildere ich unten. An jedem Ende eines Armes liegt ein unpaarer Fühler auf der Ventralseite. Er wird überdacht und umhüllt von einer gewölbten Kalkplatte, wie das am besten Fig. 3 auf Taf. V veranschaulicht. Der Fühler selbst ist weit hervorstreckbar. Er kann sich so stark verkürzen, daß er vollständig von der Platte überdeckt wird. Diese liegt selbstverständlich in der Bindesubstanz der Rückenwand und ist von einem Plattenepithel überzogen.

Im Fühler endet das radiäre Wassergefäß blind. Seine Wandung setzt sich aus denselben Schichten zusammen wie die der Füßchen, nur ist dieselbe sehr dünn. Ein Längsschnitt durch das Armende zeigt den Verlauf des radiären Nervenstammes und seinen Übergang in den Fühler in Fig. 2 auf Taf. V.

Zunächst fällt die ungemein stark ausgeprägte Gliederung des Nervenstammes auf. Weiter sind die Ganglien selbst im Vergleich zu ihren Verbindungsästen sehr verdickt, sie folgen sich in kürzeren Zwischenräumen, da die Armglieder verkürzt sind. Will man daher die Gliederung des Nervensystems demonstrieren, so eignen sich die Armenden hierzu vorzüglich.

Was den feineren Bau anlangt, so sei bemerkt, daß die Zellen des ventralen Zellenbelages, welche zwischen je zwei Ganglien liegen, Stützfasern ausgeschieden haben. Am Fühler bildet der Nervenstamm ein basales Ganglion, von dem aus ein Nervenzug in die Wandung desselben eintritt und in Epithelsinneszellen der Spitze endet.

10. Die beweglichen Haken von Ophiothrix fragilis.

Am erwachsenen Tiere ist das Armende in der Länge von ungefähr einem Centimeter von Haken besetzt, wie sie Fig. 4 auf

Taf. V wiedergiebt. Über diese Gebilde finde ich keine nähere Beschreibung vor. Daß sie, wie ich sogleich zeigen werde, beweglich sind, ihre eigene Muskulatur haben, ist unbekannt. Mit diesem Nachweise aber fallen diese von den Systematikern schlechthin als Haken bezeichneten Organe zusammen mit jenen von Ludwig bei Trichaster elegans aufgefundenen Gebilden, welche er als einarmige Pedizellarien beschrieben hat. Diese einarmigen Pedizellarien treten sehr frühe an dem jungen Ophiothrix auf. In der mikroskopischen Sammlung des hiesigen Institutes befindet sich ein von Keferstein in Bergen gefundenes Tier, welches kaum einen halben Centimeter mißt. Dieses zeigt an sämtlichen Armgliedern diese Organe von derselben Gestalt wie die unserer Art. Der bewegliche zweistachlige Haken ist 0,13 mm lang; während an der erwachsenen Oph. frag. die Länge 0,16 mm beträgt.

Fig. 4 ist nach einem Längsschnitt durch einen halb entkalkten Haken entworfen. Das Epithel überzieht denselben und ist zwischen den beiden gekrümmten Spitzen und unterhalb der kleineren verdickt. Die übrige Masse besteht aus Bindesubstanz, in der die Haken ausgeschieden sind. Zwei Muskelgruppen, ein Beuger und ein Strecker inserieren am Haken und dem basalen Kalkstück. Sie bestehen aus glatten Muskelfasern.

Unterhalb des Epithels diesem anliegend verläuft ein Nervenzug. Er entspringt aus einem Ganglion, einer peripheren Ansammlung von Ganglienzellen und tritt in den Haken ein, wie die Figur zeigt. Von ihm gehen Nervenfasern ab zur Muskulatur, sowie zu den verdickten Epithelpartieen.

11. Der Bau der Füßchen von Ophioglypha albida und die Nervenendigungen in denselben.

Die Füßchen dieser Art zeigen einen einfacheren Bau als die der Ophiothr. fragil. Wir finden jene Sinnesknospen gleichsam nur angedeutet vor, indem es nur zu allerdings schwach ausgebildeten papillenähnlichen Anhäufungen der Epithelzellen kommt.

Die um die Mundöffnung stehenden Füßchen besitzen einen abweichenden Bau, was das Epithel anbetrifft. Im übrigen wird ihre Wandung aus denselben Schichten gebildet. In jedes Füßchen führt ein Ast des radiären Wassergefäßes, um in dem konisch zugespitzten Endteil blind zu enden. Die Wandung selbst ist dünn (Fig. 1 auf Taf. IV) und setzt sich zusammen 1) aus dem

äußeren Körperepithel, 2) einer sehr gering entwickelten Bindesubstanzschicht, von welcher nach innen zu 3) eine elastische Membran aufliegt. Unterhalb derselben folgt 4) eine aus Längsmuskelfasern bestehende Muskelschicht, während den Hohlraum selbst ein einschichtiges Epithel auskleidet.

Das äußere Körperepithel besteht am vollständig ausgestreckten Füßchen bis auf bestimmte Stellen aus einer Schicht von ungefähr kubischen Zellen, deren Grenzen gegeneinander aber sehr schwierig zu beobachten sind. Gegen die Spitze zu nimmt dieses Epithel stellenweise an Dicke zu, indem Zellenanhäufungen sich finden. An der Spitze selbst haben die an den Armen sitzenden Füßchen ein äußerst verdicktes Epithel. Es mißt hier 0,01 mm gegen 0,004 mm an den basalen Stellen. Lange fadenförmige Zellen, welche den Kern in verschiedener Höhe tragen können, setzen dasselbe hier zusammen. Basalwärts laufen diese Zellen in feinste Fasern aus, wie ich an allerdings nur mangelhaften Mazerationspräparaten mich überzeugen konnte. Diese Fortsätze treten in die basal gelegene, an der Spitze stark verdickte Nervenfaserschicht ein. Diese Epithelsinneszellen, denn solche haben wir doch ohne Zweifel vor uns, trifft man nur am vorderen Ende des Füßchens, wie Fig. 1 auf Taf. IV erkennen läßt.

12. Die Mundfüßchen.

Die Mundfüßchen zeigen eine stärkere Entwicklung des Epithels. Ein Längsschnitt durch ein solches in Fig. 16 auf Taf. V zeigt die verschiedenen Schichten, welche die Wandung dieser konisch zugespitzten Füßchen zusammensetzen. Auf das Epithel folgt eine Bindesubstanzschicht, welche nach der Längsmuskulatur zu durch eine glasig helle Membran abgegrenzt ist, welche bei Kontraktion der Wandung in feinste Falten gelegt ist. Der Hohlraum, welcher die Achse erfüllt, endigt blind in der Spitze und wird von annähernd kubischen Wimperzellen ausgekleidet, während amöboide Zellen in seiner Flüssigkeit flottieren. Ein Nervenzug, welcher auf dem Querschnitt in Fig. 7, Taf. V dargestellt ist, tritt in die Wandung ein und verläuft in der Epithelschicht. Er ist mit *N* bezeichnet. Das Epithel besteht aus fadenförmigen Zellen, welche an der Spitze ihre größte Länge erreichen. Der Nervenzug bildet an der Basis dieser Zellen ein Nervenpolster, welches aus feinsten Nervenfibrillen besteht, zwischen denen kleinere Ganglienzellen hervortreten. An den Epithelzellen lassen sich auf Mazerations-

präparaten feinste basale Fortsätze erkennen, welche in die Nervenschicht eintreten. Sie zeigen dasselbe Lichtbrechungsvermögen wie die Nervenfibrillen und unterscheiden sich auch in ihrem übrigen Bau nicht von diesen, deshalb nehme ich diese Zellen als Epithelsinneszellen in Anspruch.

13. Die Keulen-Stacheln.

(Ophiomastix annulosa M. u. Tr.)

Bei den Gattungen Astroschema Ltk. und Ophiocreas Lym., Ophiomastix u. a. finden sich auf den Armen neben den gewöhnlichen Stacheln solche von keulenförmiger Gestalt vor, welche die ersteren an Größe überragen. Sie stehen bei den genannten Gattungen auf der ventralen Seite, bei anderen auf der dorsalen.

Unter den im Besitze des Göttinger Museums befindlichen Ophiuren zeigten eine große Anzahl diese Keulenstacheln ausgezeichnet konserviert, so daß eine Untersuchung ihrer Gewebe möglich war.

Das abgerundete keulenförmige Ende zeigte an sämtlichen Exemplaren einen weißen Anflug, welcher, wie ich sofort zeigen werde, der Ausdruck des an der Spitze unmäßig verdickten Epithels ist. Schabt man Fetzen dieses Epithels ab und untersucht es nach Färbung mit neutraler Karminlösung in Glycerin, so erkennt man die 0,4 mm langen feinen Epithelzellen sehr deutlich, während basalwärts eine feine Fasermasse — Nervenfasern — angetroffen werden.

Zerzupfungs- und Klopfpräparate lassen weiter stark glänzende Zellen hervortreten, Drüsenzellen. Sie haben einen schlauchförmigen Bau (Fig. 14) und sind mit stark lichtbrechenden Körnchen angefüllt. Basalwärts verjüngt sich die Zelle und hier liegt der eiförmige Kern, unterhalb dessen sich dieselbe in einen feinen Fortsatz verlängert, der oft kleine Varikositäten zeigt. Neben diesen Drüsenzellen bildet die größere Masse des Epithels feinste ungemein lange haarförmige Zellen — Epithelsinneszellen. Solche Zellen sind in Fig. 14, Taf. IV wiedergegeben. Ihr Zellleib ist ungemein schmächtig, ihr Kern liegt etwa zur halben Höhe der Zelle. Der basale Fortsatz ist auf guten Präparaten weit in die basale Fasernschicht zu verfolgen. Er ist sehr zart und leicht abreißbar. In welcher Weise diese Zellen mit den Drüsenzellen zusammen das Epithel bilden, zeigt dieselbe Figur. Was nun die basale Nervenfaserschicht anlangt, so ist dieselbe leicht von

der unter ihr — zentralwärts — liegenden Bindegewebsschicht zu unterscheiden, da ihre Fasern einen gänzlich anderen Habitus als die Bindegewebsfasern haben. Zwischen den Nervenfasern eingestreut liegen Ganglienzellen, und zwar sowohl bi- wie multipolare Der Kern der Ganglienzellen übertrifft an Größe den der Epithelzellen.

An der Peripherie dieses Epithels ist eine Cuticula an allen (in Alkohol) konservierten Präparaten vorhanden. Ob aber nicht im Leben dieses Epithel mit Wimperhaaren und starren Sinneshaaren versehen ist, bleibt fraglich.

Kapitel 2.

Die Leibeshöhle.

(Enterocoel.)

1. Die Wimperstreifen der Rückenwand in Armen und Scheibe.

Die Leibeshöhle stellt in der Scheibe einen großen Raum dar, in welchem der Darm, die Bursae gelegen sind. Stränge bindegewebiger Natur durchziehen dieselbe und heften die in ihr gelegenen Organe an die Körperwand an.

In den Armen sind die Fortsetzungen der Leibeshöhle nur in Gestalt von engen Räumen vorhanden, da die Wirbel den größten Teil derselben ausfüllen, wie die Querschnittsbilder auf der Tafel I lehren. In keinerlei Zusammenhang stehen die Enterocoelräume mit den Schizocoelräumen, welche ich weiter unten zu schildern habe.

Das Epithel, welches alle zum Enterocoel gehörigen Räume auskleidet, ist im allgemeinen aus wimpernden kubischen Zellen gebildet, welche einen Durchmesser von 0,005 mm haben (Fig. 13 auf Taf. IV). Diese Zellen können an manchen Stellen sehr abgeplattet sein, so daß die sonst kugligen Kerne eine eiförmige Gestalt zeigen.

Eine besondere Gestalt zeigt das Enterocoelepithel in den Armen und zwar in der Mittellinie der Arme.

Das die Leibeswand der Rückenfläche in der Mittellinie der Arme begrenzende Epithel ist verdickt und wird von Zellen gebildet, welche an Höhe die gewöhnlichen Enterocoel-Epithelzellen

um das Doppelte überragen. Sie messen 0,01 mm. Die Lage dieser Zellen, welche von der Armspitze an bis zur Scheibe ein schmales Band, welches oft eingefaltet sein kann (Fig. 6, Taf. I) bilden, zeigen die Figuren 1—9 auf der Tafel I von Ophioglypha albida.

Diese Zellen sind von cylindrischer Gestalt und zeichnen sich durch ihren spindligen Kern aus, welcher sich mit Farbstoffen ungemein stark tingirt. Diese Zellen, von denen Fig. 8 auf Taf. IV welche zeigt, tragen lange, kräftige Wimpern, deren Basalstücke auf den Schnitten stets erhalten sind. Oft kann man auch die Wimpern noch erkennen.

Diese Zellen ähneln, ja gleichen den Zellen, welche bestimmte Hohlräume des Wassergefäßsystems auskleiden. Man kann sie von den Zellen des Steinkanals kaum unterscheiden. Hier wie dort kommt ihnen die Funktion zu, eine starke Strömung zu erregen. In der Leibeshöhle sorgen sie für die Bewegung der Flüssigkeit derselben, in dem Steinkanal für den Ein- und Austritt der in den übrigen Räumen des Wassergefäßsystems zirkulierenden Flüssigkeit. Diese in jedem Arm verlaufende Wimperzellenstreifen reichen bis in die Scheibe, hier gehen sie über in das gewöhnliche Epithel.

2. Der Rückenporus.

Bei Ophioglypha albida liegt excentrisch in der Rückenwand ein Porus, welcher diese durchbohrt und so eine direkte Kommunikation zwischen der Leibeshöhle und dem Seewasser herstellt. Dieser Rückenporus findet sich bei erwachsenen Tieren vor. Ich habe ihn auf zwei Schnittserien aufgefunden, merkwürdigerweise aber auf anderen nicht wiedergesehen, welche allerdings nicht lückenlos waren. Ein Längsschnitt durch diesen Rückenporus giebt Fig. 14 auf Taf. V. Der Durchmesser beträgt 0,014 mm. Das Epithel, welches nach außen in das Körperepithel, nach innen in das Enterocoelepithel sich fortsetzt, besteht aus 0,006 mm langen Wimperzellen, deren lange spindliche Zellkerne fast die ganze Höhe der Zellen einnehmen.

Es fragt sich nun, ob wir es hier mit einer den Ophiuren allgemein zukommenden Bildung zu thun haben, oder aber mit einer Bildung, welche sich aus der Jugendzeit erhalten hat. Hierüber müssen wir weitere Untersuchungen abwarten; nur solche, welche in ausgedehnter Weise auf eine größere Anzahl von Formen sich erstrecken, können Aufklärung in dieser Frage bringen.

3. Die Septen und Aufhängebänder.

Wie ich schon hervorhob, wird der Darm durch Aufhängebänder mit der Leibeswand verbunden (Fig. 3 auf Taf. II). Aber auch in den Armen trifft man solche Bänder. Vom Wirbel aus ziehen je zwei Stränge zu den Seiten des dorsalen Wimperepithels. Sie sind sehr oft abgerissen, aber auf gut erhaltenen Schnittpräparaten leicht zu erkennen. Fig. 6 auf Taf. I zeigt dieselben. Sie bestehen hier, wie überall, aus einer auf Bindegewebsfibrillen sich zusammensetzenden Achse, welche peripher vom Leibeshöhlenepithel überzogen wird. Die Dicke dieser Stränge ist oft sehr beträchtlich, so in der Scheibe, und man kann leicht die Fibrillen verfolgen, wie sie sich in der Cutis der Körperwand einerseits, in der Bindesubstanzschicht der Darmwandung andrerseits verzweigen.

Kapitel 3.

Das Wassergefäfssystem.

1. Gefäfsring und radiäre Stämme.

Das Wassergefäßsystem setzt sich wie bei allen Echinodermen zusammen aus den radiären Wassergefäßen und einem zirkulären perioralen Wassergefäßring. Hierzu kommt der Steinkanal, welcher auf der Ventralfläche nach außen durch die Madreporenplatte mündet.

Seit Simroth [1]) haben vor allem Ludwig [2]), Apostolides [3]) und Koehler [4]) dieses Organsystem untersucht, so daß eine ganze Reihe von histologischen und anatomischen Details bekannt geworden ist.

Im zentralen Teil wie in den peripheren Ästen besteht die Wandung der Gefäße aus einer hyalinen, elastischen Membran, wie Koehler gefunden hat. Diese Membran zeigt oft eine feine Streifung, welche auf eine feine Faltung zurückzuführen ist, sobald die kreisförmigen gleich zu besprechenden Muskelfasern sich

1) Anat. u. Schizogonie d. Ophiact. vir., in: Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 27, 1876.

2) Neue Beitr. zur Anat. d. Ophiuren, ebenda, Bd. 34, 1880.

3) Anat. u. Devéloppem. d. Ophiur., in: Arch. Zool. expér. Bd. 10, 1881.

4) Appareil circulatoire d. Ophiur., in: Ann. Sc. nat. Zool. Bd. 2, 1887.

kontrahiert haben. Diese Membran gleicht der in den Füßchen bei Echiniden und Ophiuren (auch Asteriden) vorkommenden, deren Faltungen oft auf eine Ringsmuskularis gedeutet worden sind.

Sämtliche Gefäße werden von einem Epithel ausgekleidet, welches in gut konserviertem Zustand aus kubischen Zellen sich zusammensetzt, welche eine Wimper tragen. Diese Zellen sind streng gegeneinander abgegrenzt, in derselben Weise wie die im Enterocoel. Ein kugliger Kern liegt in der fein granulierten Zellsubstanz. Ihre Höhe beträgt etwa 0,005 mm.

Zwischen diesem Epithel und der elastischen Membran kommen an verschiedenen Stellen Muskelfasern vor, welche Simroth [1]) zuerst gesehen hat.

Im Gefäßring habe ich bei Ophiogl. albida keine Muskelfasern gefunden, während Ludwig [1]) eine solche als vorhanden, aber nur sehr schwach entwickelt beschreibt.

Durch Lange und Simroth ist der Abgang der paarigen zu den Füßchen ziehenden Wassergefäßäste ausführlich beschrieben worden. Ich füge deshalb nur eine Figur hinzu, welche diese Verhältnisse, vor allem die Lagerung der Muskulatur näher erläutern soll. Fig. 9 auf Taf. V giebt das der Länge nach durchschnittene radiäre Wassergefäß wieder. Sein Durchmesser ist kreisrund und nur da, wo rechts und links Äste austreten, ist derselbe trichterförmig erweitert. Immer zwischen je zwei solchen Anschwellungen sind die zirkulären Ringmuskeln gelagert. Es sind breite (0,002 mm) bandförmige, glatte, geschlossene Fasern, denen ein ovaler Kern peripher aufliegt. Aus der ampullenförmigen Anschwellung treten die Äste aus, und an dieser Stelle findet sich der Ventilapparat, welcher bei Asteriden von Jourdain [2]), bei Ophiuren von Ludwig [3]) zuerst erkannt wurde. Es handelt sich um zwei taschenförmige Räume, welche in den Hohlraum des Füßchens hineinragen und zwischen sich nur eine schlitzförmige Oeffnung frei lassen.

Diese beiden Taschen haben folgenden Bau. Sie werden von der hyalinen Membran als Achse gebildet; auf beiden Seiten werden sie vom Epithel des Wassergefäßes überzogen. Eine Muskulatur, wie ich [4]) sie bei den Asteriden als Sphinkter beschrieben und abgebildet habe, fehlt. Wir müssen uns demnach ihre Wirkung

1) Neue Beitr. zur Anat. d. Ophiuren, ebenda, Bd. 34, 1888.
2) Jourdain, Comptes rendus, Bd. 65, 1866.
3) Neue Beitr., pag. 345.
4) Die Asteriden, Heft 2 d. Beiträge, Taf. VII, Fig .66.

auf folgende Weise vorstellen. Durch die energische Zusammenziehung der Kreismuskeln des Wassergefäßstammes wird die Flüssigkeit in die Anschwellungen und aus ihnen in die Füßchen zwischen den Ventilen hindurch getrieben. Diese geben nach, um, sobald der Druck aufhört, vermöge der elastischen Membran, welche sie bildet, wieder den Verschluß herzustellen. Daß derselbe nicht ein so fester sein kann als wie der durch einen Sphinkter erzeugte, ist natürlich, aber bei diesen Tieren, welche die Füßchen lediglich als Tastorgane, nicht mehr zum Festsaugen benutzen, auch nicht nötig.

Das radiäre Wassergefäß endet blind im Fühler des Armes. Seine allgemeine Lage ist aus den Querschnittbildern durch einen Arm auf Taf. I zu ersehen, die des Ringkanales aus Fig. 3 auf Taf. II *WGR*.

2. Der Steinkanal und die Madreporenplatte.

Die Lagerung des Steinkanals und der Madreporenplatte, sowie des eng mit ersterem verbundenen drüsigen Organes kann unter zu Grundelegung von Fig. 2 auf Taf. IV in Kürze folgendermaßen geschildert werden. Mit *M* ist die Madreporenplatte — ein Mundschild — bezeichnet worden. In diese tritt der Steinkanal *St.-K.*, welcher nur eine Strecke in seinem Verlaufe der Länge nach durchnitten ist; sein Ursprung vom Wassergefäßring ist durch punktirte Linien angegeben.

Sobald der Steinkanal vom Wassergefäßring *WGR* entsprungen ist, verläuft er im schwachen Bogen als gekrümmtes Rohr, von dem drüsigen Organ *Dr* umgeben, und ist in einen Hohlraum eingetreten, welchen ich als Homologon des schlauchförmigen Kanales der Asteriden, und soweit er bei den übrigen Gruppen vorkommt, auch dieses betrachte. Ich komme auf denselben weiter unten zu sprechen. (Kapitel: Das Schizocoel).

Der Steinkanal ist ein innen glatter Cylinder von etwa 0,06 mm Durchmesser (Ophioglypha albida). Seine Wandung besteht aus einem Wimperepithel, dessen 0,013 mm hohe Zellen den von den übrigen Echinodermen her bekannten Bau zeigen. Die cylindrischen Zellen (Fig. 12, Taf. V) besitzen ihrer Basis genähert einen spindligen, sich tief dunkel färbenden Kern. Die Wimpern sitzen mit komplizierten Fußstücken auf den Zellen auf, wie sogar die Schnittpräparate erkennen ließen. Weiter wird die Wandung von einer geringen Menge von Bindesubstanz, Fasern und sternförmigen

Zellen umhüllt. Nach dem schlauchförmigen Kanal zu liegt ein Endothel, abgeplattete Zellen, deren Grenzen nicht erkennbar sind.

Der Steinkanal tritt aus diesem Schizocoelraum (schlauchf. Kanal) heraus und in das zur Madreporenplatte umgewandelte Mundschild ein. Vor seinem Eintritt — dies kann man nur auf Horizontalschnitten erkennen — macht er noch eine spiralige Windung, um sich dann in der Madreporenplatte in noch zu besprechender Weise zu verzweigen. Auf diese spiraligen Windungen des Steinkanales ist wohl zu achten, da man auf Verticalschnitten oft Bilder erhält, die einem vortäuschen, daß eine Kommunikation zwischen seinen Verzweigungen in der Madreporenplatte und dem schlauchförmigen Kanal vorläge, welche keinesfalls vorhanden ist.

Der Steinkanal tritt direkt in die Madreporenplatte, ohne daß es zur Bildung einer sog. Ampulle käme, wie sie bei Asteriden beschrieben worden ist. Ich befinde mich hier im Gegensatz mit Ludwig [1]), welcher eine solche beschreibt und abbildet (von Ophiogl. alb.). Gerade bei dieser Art kann ich auf lückenlosen Serien verfolgen, wie der Steinkanal sich an den inneren Porus der Madreporenplatte ansetzt, vorher aber eine fast rechtwinklige Biegung macht. Es geht somit das Epithel des Steinkanales direkt über in das der Verzweigungen in der Madreporenplatte.

Ebensowenig wie ich diesen Angaben Ludwig's beistimmen kann, ist es mir unmöglich, Simroth's Beobachtungen zu bestätigen, welcher einen direkten Zusammenhang zwischen dem Hohlraum den ich als schlauchförmigen Kanal bezeichnet habe, und dem Steinkanal annimmt. Überdies hat der erstgenannte Forscher seine Angaben unter Vorbehalt einer späteren Untersuchung gegeben.

Höchst eigentümlich ist nun das Verhalten der sog. Porenkanäle der Madreporenplatte. Es erinnert an die bei den Spatangiden [3]) von mir geschilderten Thatsachen. Um die Verzweigungen der Porenkanäle besser zu beschreiben, müssen wir einen Blick auf die Anzahl derselben werfen. Nach Ludwig [4]) soll die Madreporenplatte der Ophiuren fast immer nur einen Porus haben mit Ausnahme der Euryaliden, Amphiura Holbolli Lütk. und Ophiolepis imbricata M. u. Tr.; letztere haben nach Lütken an den Rändern mehrere Öffnungen. Die übrigen Fälle sind von

1) Neue Beiträge, pag. 339.
2) Simroth, a. a. O.
3) 3. Heft d. Beiträge.
4) Neue Beiträge, pag. 339.

Ludwig [1]) zusammengestellt worden. Ophioglypha albida und einige andere Arten haben nach ihm nur einen Porus. Dem muß ich widersprechen. Gerade die genannte Art hat zwei Poren, welche auf Schnitten stets nachzuweisen sind. Ob sie bei äußerer Betrachtung erkennbar sind, ist eine andere Sache, doch darauf kommt es ja weniger an.

Die beiden Poren liegen an den Seiten der Madreporenplatte, da wo dieselbe den Eingang in je eine Bursalspalte begrenzt. Fig. 8 auf Taf. V zeigt einen Längsschnitt durch die Platte. Von jedem der einander entgegengesetzt liegenden Poren führt ein Kanal in das Innere der Platte. Beide Kanäle verschmelzen. Etwa im Zentrum derselben treibt der aus der Verschmelzung hervorgegangene Kanal eine Anzahl von seitlichen, oft mehrfach gewundenen Ästen, welche alle blind enden, wie Fig. 15 auf Taf. V zeigt. Eine Fortsetzung dieser Äste nimmt den Steinkanal auf. Das Epithel desselben geht unmittelbar über in das der Porenkanäle. Die Zellen haben eine Höhe von etwa 0,013 mm, während die Kerne mehr rundlich als spindlig gestaltet sind, wie Fig. 11 auf Taf. IV zeigt.

Die Polischen Blasen. Sie kommen bei Ophyogl. albida in der Vierzahl vor. In jedem Radius mit Ausnahme desjenigen, in welchem der Steinkanal liegt, findet sich je eine schlauchförmige blind geschlossene Blase vor. Sie sitzt mit einem dünnen, kurzen Stiel am Steinkanal (Fig. 3, Taf. II) und hat eine wohl entwickelte Muskulatur, wie Ludwig [2]) bei unserer Art beschreibt. Koehler [3]) hat ihre Wandung ausführlich geschildert. Von außen nach innen gerechnet findet man das wimpernde Coelomepithel, welches das Organ außen überzieht, hierauf folgt eine Bindesubstanzschicht, eine Muskelschicht und eine elastische Membran, eine innere Muskelschicht und die innere Epithelschicht. Ich komme zu dem Resultat, daß dieselben Schichten, welche ich bei diesen Organen der übrigen Echinodermengruppen fand, auch hier die Wand bilden. Das äußere Coelomepithel, eine gering entwickelte Bindesubstanzschicht, eine elastische Membran, auf diese folgt eine aus ringförmig verlaufenden

---

1) Neue Beiträge, pag. 338.
2) Neue Beiträge, pag. 342.
3) Recherches sur l'appareil circulatoire des Ophiures, pag. 113.

Fasern gebildete Muscularis und das Innenepithel. Die Muskelschicht setzt sich aus einer Lage glatter Fasern zusammen. Das Innenepithel ist das gleiche wie es im Wassergefäß vorkommt. Im Lumen kommen meist im Endteil Zellen vor, welche losgerissenen Epithelzellen gleichen, außerdem oft am blinden Ende eine granulierte geronnene Substanz.

Kapitel 4.

Das Schizocoel.

1. Perihämalräume, Längskanäle der Nervenstämme.

Bei Asteriden und Echiniden habe ich [1]) einen Teil der Hohlräume im Körper dieser Tiere als Schizocoelbildungen nachgewiesen, indem ich den Ursprung derselben als Lücken in der Bindesubstanz erkannte. Hierher gehörten vor allem die Längskanäle in den Armen der Asteriden, in welchen die Nervenstämme verlaufen, die entsprechenden Räume der Echiniden, das Hohlraumsystem in der Dorsalwand der Seesterne, der schlauchförmige Kanal u. a. m. Alle diese Hohlräume sollten nach Ludwig Teile des Enterocoels sein und mit diesem in Verbindung stehen. Der letzte Forscher, welcher die Ophiuren untersucht hat, Koehler [2]), hat meinen Beobachtungen beigepflichtet und zugleich die entsprechenden Räume bei den Ophiuren als Schizocoelbildungen angesprochen im Gegensatz zu den früheren Untersuchern.

Zu den von Koehler beschriebenen Räumen kann ich noch weitere hinzufügen, so die in der Bursae und den Genitalröhren gelegenen. Folgende Zusammenstellung mag über sämtliche Schizocoelbildungen eine Übersicht geben.

Der Nervenring liegt in einem circulär verlaufenden Schizocoelkanal, welcher fünf Äste in die Arme sendet, in denen die fünf Nervenstämme gelagert sind. Dieses Hohlraumsystem steht in Verbindung mit dem Kanal, welcher den Steinkanal *St.K* und das drüßige Organ *Dr* auf Taf. IV in Fig. 2 einschließt. Dies ist der schlauchförmige Kanal *Schl.K*. Weiter kommen die Schizocoel-

---

1) Heft 2 u. 3 d. Beiträge.

2) Koehler, L'appareil circulat. des Ophiures, 1887, in: Ann. Sc. Nat. Zool.

kanäle in Betracht, welche teils in der Rückenwand, teils in der Ventralwand verlaufen und als ein Kanal sich darstellen, welcher die Genitalröhre und eine Blutlakune im Innern gelagert enthält. Das sind die Perihämalräume Ludwig's, in welchen der dorso-ventrale Blutlakunenring liegt. Daß diese Schizocoelräume auch in die Wandung der Bursae eintreten, habe ich am anderen Ort[1]) bereits nachgewiesen und abgebildet.

Die radiären Perihämalräume besitzen eine länglich ovale Gestalt auf dem Querschnitt. Jeder derselben wird durch den in ihm suspendierten Nervenstamm in zwei Hälften getrennt, eine äußere und eine innere. Die letztere ist stets die kleinere (vergl. Fig. 6, Taf. III). In denselben hervorragend liegt die radiäre Blutlakune *BL*, welche ihrerseits mit einem oder zwei feinen Strängen an der Wand des Perihämalraumes befestigt wird (vergl. Fig. 10, 11 auf Taf. II). Die Auskleidung dieser Räume wird von abgeplatteten Bindesubstanzzellen gebildet, deren Kerne in dieselben prominieren (Fig. 6, Taf. III). Die Membran oder besser Cuticula, welche den ventralen Zellbelag (Ganglienzellen) des Nervenstammes überzieht, gehört diesem an und ist als Produkt seiner Zellen aufzufassen.

Die gleiche Auskleidung besitzt der orale Perihämal- oder besser Schizocoelkanal. Ich bevorzuge den letzten Ausdruck, da ja die Blutlakune im Verhältnis zum Nervenstamm so gering entwickelt ist, daß man eigentlich von Perineuralräumen sprechen müßte.

Der Bau des schlauchförmigen Kanals ist im allgemeinen derselbe. Nur sehen wir, daß die Zellen, welche das drüsige Organ überziehen, dicht gedrängt stehen und nicht abgeplattet sind. Sie besitzen einen kugligen Kern. Die dorso-ventralen, den aboralen Blutlakunenring mit der Genitalröhre einschließenden Schizocoelräume besitzen nichts von dem bisher geschilderten Verhalten Abweichendes. Sie treten in die Wandung der Bursae ein, wie ich bei der Besprechung derselben schildern werde.

Eine weitere Frage ist nun die: Stehen die Schizocoelräume im Körper der Ophiuren sämtlich miteinander in Verbindung. Findet sich ein ähnliches Verhalten, wie ich es bei den Asteriden beschrieben habe, wo dies thatsächlich der Fall war.

Zunächst ist sicher, daß die radiären ventralen Räume, welche

1) in: Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 46, 1887.

die Nervenstämme und den Nervenring einschließen, in Verbindung stehen mit dem schlauchförmigen Kanal. Weiter aber gelang es mir, zwischen diesem und dem aboralen (dorso-ventralen) Perihämalraume eine Kommunikation aufzufinden. Prüfen wir Fig. 7 auf Taf. VI näher, so zeigt sich, daß die Drüse *Dr* und der Steinkanal *St.K* vom schlauchförmigen Kanal (gelb) umhüllt werden und daß dieser bis zu dem mit *x* bezeichneten Abschnitt des aboralen hier in der Ventralwand verlaufenden Blutlakunenringes reicht. Hier findet die Verbindung statt, wie aber nur auf Vertikalschnitten, rechtwinklig zu dem Lakunenring und tangential zu ihm nachgewiesen werden kann. Eine kurze Strecke steht hier der schlauchförmige Kanal mit dem ihm außen anliegenden aboralen Schizocoelraum in offener Verbindung.

Einen ringförmigen Sinus fand ich im Beginn der Schlundwandung. In der verdickten Bindesubstanzschicht derselben trifft man einen großen Hohlraum an, welcher durch enge Lücken, wie ich an Osmiumpräparaten feststellen konnte, mit dem oralen Schizocoelraum in Verbindung steht (Oph. albida). Ringförmig verlaufende Muskelfasern gleiten diesen die Mundöffnung umspannenden Hohlraum aus und bilden so einen Sphinkter.

Kapitel 5.

Das Blutlakunensystem.

Bevor ich auf die eigenen Beobachtungen, welche sowohl die Anatomie wie den feineren Bau betreffen, eingehe, schicke ich einige geschichtliche Notizen voraus.

Wir schreiben jetzt den Ophiuren einen oralen Blutlakunenring und fünf von diesem ausstrahlende Armlakunen zu. Die letzteren hat zuerst wohl Teuscher[1]) gesehen, sie aber als zum Nervensystem zugehörig erachtet. Erst Simroth[2]) hat diese radiären Lakunen in ihrer Bedeutung erkannt, ebenso wie den oralen Blutlakunenring. Freilich ist hierbei zu betonen, daß er zum Blutgefäßsystem noch mehrere Räume rechnete, so die Peri-

---

1) Teuscher, R., Beitr. z. Anat. d. Ophiuridae, in: Jen. Zeitschr. f. Nat., Bd. 10, 1876.

2) Simroth, H., pag. 464 d. Anat. u. Schizog. d. Ophiact. vir., in: Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 27, 1876.

hämalkanäle als seitliche Armgefäße beschrieb. Erst W. Lange [1]) hat eine genaue Schilderung ihres Verlaufes gegeben, welche dann von Ludwig [2]) bestätigt und erweitert sind. Letzterem Forscher verdanken wir die strenge Scheidung zwischen den Perihämalräumen und den eigentlichen Blutlakunen.

Auf die Arbeit von Apostolidès [3]) einzugehen wird mir wohl erlassen werden. Eine Arbeit, welche, soweit ihre Resultate das Blutgefäßsystem angehen, unsere Erkenntnis auf ein antediluvianisches Stadium zurückschrauben will, zu besprechen, muß jeder ablehnen, welcher seine Zeit besser anwenden kann.

Der letzte Forscher, welchen ich zu nennen habe, ist Koehler [4]). Auf die Angaben dieses ausgezeichneten französischen Forschers komme ich im weiteren Verlaufe meiner Darstellung zu sprechen. Seine Abbildungen sind streng nach Präparaten gezeichnet und zeigen zum ersten Male diese Räume sowie die Perihämalräume naturgetreu, nicht schematisch.

Fassen wir unsere Kenntnis des Verlaufes der Blutlakunen zusammen, so haben wir 1) einen oralen (ventralen) Blutlakunenring und fünf von ihm abgehende Äste in die Arme, sowie Lakunen, welche zum drüsigen Organ und zu den Füßchen ziehen; 2) einen dorso-ventralen Blutlakunenring von Ludwig aufgefunden, 3) eine Blutlakune zum Darm, über welche ich [5]) schon in einer vorläufigen Mitteilung berichtet habe (vergl. Fig. 8 auf Taf. VI).

1. Der ventrale Blutlakunenring und seine radiären Äste.

Auf dem Querschnitt durch einen Arm treffen wir die Blutlakune *BL* unmittelbar dem radiären Nervenstamm aufliegend in der Mittellinie desselben, wie Fig. 6, Taf. III zeigt. Dieses ist das Bild, welches man von derselben am gewöhnlichsten erhält. Da, wo aber die Füßchen auf der Ventralseite des Armes austreten, sehen wir nicht diesen kreisförmigen Querschnitt, sondern

---

1) Lange, W., Beitr. z. Anat. u. Histiol. d. Asterien u. Ophiuren, in: Morph. Jahrbuch, Bd. 2, 1876.

2) Ludwig, pag. 347, Neue Beiträge, 1880.

3) Apostolidès, Anat. et Développem. des Ophiures, in: Arch. Zool. expér., Bd. 10, 1881.

4) Koehler, Appar. circulat. des Ophiures, 1887, in: Ann. Sc. Nat. Zool.

5) Hamann, Die wandernd. Urkeimzellen u. ihre Reifungsstätt. b. d. Echinod., in: Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 47, 1887.

es liegt dem quer durchschnittenen Nervenstamm ein breites Band auf. Das sind die rechts und links von der Blutlakune abgehenden, die Füßchen versorgenden Lakunen (vergl. Fig. 2 auf Taf. I und Fig. 11 auf Taf. II. Diese seitlichen Lakunen besitzen ganz denselben Bau wie der Hauptstamm. Sie enden in der Bindesubstanzschicht des Füßchens, in welcher sich, wenigstens im basalen Teile, die Blutflüssigkeit in Lücken derselben nachweisen läßt.

Liegen die radiären Armlakunen in der Mittellinie des Nervenstammes, so ändert sich diese Lage, sobald die fünf Lakunen zur Bildung des oralen Blutlakunenringes zusammentreten. Dieses liegt — vergl. den Querschnitt durch den Gehirnring Fig. 1, Taf. III — dem Gehirnring an einem Ende auf, und zwar dem der Leibeshöhle zugekehrten.

Der feinere Bau dieser Blutlakunen ist sehr einfach. Sie stellen lange Röhren dar, welche nach der Spitze der Arme zu sich mehr und mehr verdünnen, um endlich blind zu enden, und besteht ihre Wandung aus einer dünnen Membran, wie schon Simroth angiebt. Dieser Membran liegen außen ovale Zellkerne auf. Bei der Oberflächenbetrachtung einer radiären Lakune — Fig. 9, Taf. II — treten diese Kerne in bestimmten Zwischenräumen auf. Irgendwelche Zellsubstanz ist nicht vorhanden. Eine Behandlung mit Silber ließ mich im Stich. Nichtsdestoweniger glaube ich sicher, daß sich hier Zellterritorien nachweisen lassen werden und diese Membran ein Endothel darstellt. Auf dem Querschnitt Fig. 10, Taf. II sind diese Zellkerne quer durchschnitten. Von der Blutlakune zur Wand des schizocoelen Perihämalraumes ziehen Stränge, welche meist nur aus einer Zelle und deren Fortsätzen bestehen (vergl. dieselbe Figur).

Die Blutflüssigkeit stellt eine geronnene Masse dar, welche sich mit neutraler Karminlösung hellrosa färbt und daher leicht nachzuweisen ist. Zellen finden sich in ihr selten vor. Sie fallen dann durch ihren hellen Zellleib und den kugligen Kern in die Augen.

Aus Fig. 1, Taf. III erhellt, daß der orale Blutlakunenring eine in den Perihämalraum vorspringende, kreisförmig verlaufende Röhre darstellt. So ist es bei Ophiogl. albida. Wie aus einer Abbildung Koehler's [1]) hervorgeht, ist bei Ophioglypha texturata ein Lakunennetz vorhanden und liegt an einer anderen Stelle. Es

---

1) Koehler, a. a. O., Taf. 8, Fig. 4 (Ann. des Sc. nat. 7. Sér., T. 2).

wundert mich, daß zwischen zwei nahestehenden Gattungen ein solcher Unterschied bestehen soll. Nachprüfen konnte ich die Angabe KOEHLER's nicht.

Da nun ein Ausläufer des drüsigen Organes bis an diesen oralen Blutlakunenring reicht — Fig. 2 auf Taf. IV *BLR* — so ist leicht ersichtlich, auf welche Weise die Blutflüssigkeit Zutritt zu demselben hat. Es läßt sich die Blutflüssigkeit in Lücken und Spalten dieses Endstranges des drüsigen Organes nachweisen. Hierauf komme ich bei Besprechung dieses Organes.

2. Der (aborale) dorso-ventrale Blutlakunenring.

Dieser Lakunenring wurde von LUDWIG[1]) entdeckt und in seinen Beziehungen zu dem Genitalstrang genau geschildert. Kann ich diese seine Angaben bestätigen, so ist es mir weiter möglich, den Verlauf in den Bursae — überhaupt den feineren Bau — näher zu schildern.

KOEHLER[2]) bestreitet das Vorhandensein dieses aboralen Lakunenringes vollständig; er hat ihn nie gesehen! Eine Erklärung hierfür kann ich nicht finden, denn in Wahrheit ist derselbe wirklich nicht schwer aufzufinden — nur müssen Schnittserien von gut konserviertem Material zur Verfügung stehen!

Es verläuft dieser Lakunenring ebenfalls in einem Perihämalraum, welcher als Schizocoelraum aufgefaßt werden muß, wie ich bereits früher[3]) ausgeführt habe.

Da nun dieser Lakunenring, welcher die Bursae zu versorgen bestimmt ist — bei den Ophiuren wie bei Asteriden und Echiniden giebt er Zweige zu den Geschlechtsorganen — und diese Bursae Einstülpungen der ventralen Körperwand sind, so muß er teils in der Rückenwand, teils in der Ventralwand verlaufen. Seinen eigentümlich komplizierten Verlauf hat LUDWIG[4]) geschildert. Da nur eine rein schematische Abbildung bisher vorliegt, so habe ich den Verlauf des Blutlakunenringes mit rot in Figur 7 auf Tafel VI eingetragen. Er verläuft in den Radien, das heißt wir treffen ihn da, wo die Arme abgehen, in der Dorsalwand an.

---

1) Neue Beiträge, pag. 351, Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 34, 1880.

2) KOEHLER, Recherh. sur l'appar. circulat. d. Ophiures, 1887.

3) HAMANN, Mitteilungen der Königl. Gesellsch. d. Wissenschaft. und der Georgs-August-Universität Göttingen, 31. Juli 1887.

4) Neue Beiträge, pag. 351, Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 34, 1880.

Er liegt nahe am Rande der Scheibe, unmittelbar über dem Eintritt der Arme in die Scheibe. Um nun zu den in der Ventralwand gelegenen Bursae zu gelangen, tritt rechts und links „zwischen dem Radialschilde und dem dasselbe mit der Bursalspange verbindenden Adductormuskel" der jetzt in der dorsalen Scheibenwand verlaufende Abschnitt hindurch auf die äußere Bursalseite ein, giebt aber vorher eine blind endende Lakune bl^2 ab, welche auf der dem Arm zugewendeten Fläche verläuft. Nach dem Verlauf in der Wandung der Bursae tritt der Blutlakunenring in die ventrale Körperwand, in das Peristom, ein, um bis zur nächsten Bursa zu ziehen. Diesen Abschnitt habe ich mit bl^3 bezeichnet (Fig. 7, Taf. VI). Nun tritt er in die Bursalwand ein, steigt — nachdem er wieder eine blind endende Lakune abgegeben hat, in die Dorsalwand empor.

Somit ist der Verlauf des aboralen oder dorso-ventralen Blutlakunenringes folgender: In den Radien verläuft ein Abschnitt in der dorsalen Scheidewand, um dann zur Ventralseite zu ziehen, in die Wand der Bursae einzutreten und zwischen je zwei benachbarten Bursae in der Peristomwandung zu verlaufen.

Leugnet Koehler [1]) diesen Lakunenring gänzlich, so hat er doch die in der ventralen Wand, dem Peristom, zwischen je zwei Bursae verlaufenden Abschnitte derselben gesehen, sogar auf einer Abbildung nach einem Querschnitt abgebildet, erklärt denselben aber bestehend aus Bindegewebsfasern und Muskelfasern. Ein Gefäß hat er niemals wahrgenommen. In der Fig. 7 auf Taf. VI wird der rot angegebene Lakunenring überall umgeben von dem mit gelb gekennzeichneten Perihämalkanal, welcher ihn allerwärts begleitet.

Der feinere Bau. Auf einem Vertikalschnitt durch die Scheibe, welcher parallel zur Armachse verläuft, wird der Blutlakunenring quer durchschnitten — Fig. 5 auf Taf. VI. Er stellt sich als ein in seinen Perihämalkanal *Sch* hervorragendes Gebilde vor, welches mehrere Lumina zeigt. Seine Wandung ist sehr dünn, eine Membran mit aufliegenden Zellen, spindligen oder sternförmigen. Diese treten besonders da hervor, wo die Wandung etwas stärker entwickelt ist. Der Inhalt der Hohlräume bildet die geronnene Blutflüssigkeit — hier und da, aber ziemlich selten — Zellen enthaltend. Weiter birgt dieser Lakunenring in seiner Achse verlaufend eine mit großkernigen Zellen angefüllte Röhre

1) Koehler, App. circ. d. Oph., pag. 143.

— die Genitalröhre — welche unten besprochen werden soll. Der Perihämalraum wird von abgeplatteten Zellen oder Zellkernen ausgekleidet, deren zugehörige Zellenterritorien nicht nachweisbar sind.

In Fig. 3, Taf. II auf der Übersichtsfigur ist der Blutlakunenring mit *BLR*, die Genitalröhre mit *GR* bezeichnet.

3. Die vom aboralen Blutlakunenring zum Darmtractus führende Lakune.

In einem Radius gelegen zweigt sich von dem in der Dorsalwand der Scheibe verlaufenden Abschnitt des Lakunenringes eine Lakune ab, tritt aus dem Perihämalraum heraus in die Leibeshöhle und heftet sich an die Wandung des Darmes an. Der Austritt dieser Darmlakune ist auf Figur 8, Taf. VI wiedergegeben. Sie wird als in der Leibeshöhle gelegen überkleidet vom Enterocoelepithel, welches in das der Darmwandung übergeht. Unterhalb derselben liegt eine dünne bindegewebige Wandung, hier und da Fasern erkennen lassend. Das Zentrum dieser Lakune ist mit Blutflüssigkeit prall angefüllt. Am Darm angekommen geht die Enterocoelbekleidung, wie schon gesagt, in die des Darmes über; der bindegewebige Teil der Wandung setzt sich direkt fort in die gleiche Schicht des Darmes, während die Blutflüssigkeit in Lücken und Spalträumen der Bindesubstanzschicht der Darmwandung in den benachbarten Teilen sich nachweisen läßt.

Kapitel 6.

Die Genitalröhren und die Reifungsstätten der Keimzellen auf den Genitaltaschen.

1. Die Bursae mit den Genitalsäckchen.

Eine eigentümliche Bildung hat uns Ludwig [1]) in den Bursalspalten bei den Ophiuren kennen gelehrt. Während die älteren Forscher annahmen, daß die Geschlechtsprodukte in die Leibeshöhle entleert würden, und aus dieser durch die äußerlich leicht

1) Ludwig, Morphologische Studien an Echinodermen, I. Bd. VIII. Beiträge zur Anatomie der Ophiuren. Leipzig, Engelmann, 1877—79. Zeitschr. f. w. Zool. Bd. XXXI.

erkennbaren Genitalspalten ins Freie gelangten, zeigte er zuerst, wie die Geschlechtsschläuche an eigenartigen Taschen, Einstülpungen der ventralen Körperwand, entständen und wie ihre Produkte durch Öffnungen in der Wandung dieser Taschen zunächst in deren großen Hohlraum gelangten und von hier aus durch die Bursalspalten nach außen.

Betrachtet man eine Ophioglypha albida von der Bauchfläche, so treten die zehn Bursalspalten als schlitzförmige, den Armbasen eng anliegende Öffnungen auf. Diese letzteren führen in hohle Taschen, welche in der Zehnzahl neben den zentralen Armwirbeln sich in die Leibeshöhle hervorwölben und blind geschlossen sind. Sie sind nichts anderes, als Einstülpungen der Körperwand.

Zerlegt man eine Ophioglypha in Vertikalschnitte, so kommt man schnell zu einer klaren Einsicht in diese Organe.

Fig. 1, Taf. VI zeigt uns einen Schnitt durch die Körperscheibe. Nach rechts zu hat man sich den Arm gelegen zu denken. Die Bursa endet blind und trägt auf ihrer äußeren Fläche die prall mit Eiern gefüllten Genitalsäcke.

Die Bursalwand setzt sich aus einer Reihe von Schichten zusammen, welche in der Körperwand in gleicher Reihenfolge vertreten sind. Ihre innere Auskleidung ist eine direkte Fortsetzung der äußeren Körperepidermis. Sie setzt sich an einzelnen Stellen aus langen Wimperzellen zusammen, welche gruppenweise in Streifen angeordnet stehen. Sie dienen dazu, das Wasser in den Bursae in Bewegung zu erhalten, so daß fortwährend eine Strömung in denselben erzeugt wird. Ein Grund mehr, in diesen Organen Respirationsorgane zu sehen. Besonders an den Genitalspalten sind diese Wimperstreifen zahlreich vorhanden. Ihre Zellen zeichnen sich durch die kleinen, sich stark färbenden Kerne aus.

Auf dieses die Auskleidung der Genitaltaschen bildende Epithel folgt die Bindesubstanzschicht. Sie ist von nur sehr geringer Ausdehnung. Kalkkörper finden sich in der Wandung der Genitaltaschen nicht vor. Außen überzieht das Enterocoelepithel die Wandung der Genitaltaschen. Es besteht aus kleinen kubischen Wimperzellen.

Die Gestalt der Bursae hat Ludwig [1]) bereits ausführlich beschrieben. Danach haben wir einen dünnhäutigen Sack vor uns, „welcher an den Rändern der Bursalspalte beginnt, dorsalwärts in die Körperhöhle sich erhebt und an seinem aboralen Bezirke sich

1) a. a. O., p. 273.

in einen Zipfel fortsetzt, welcher sich über den Rand des Magensackes auf dessen Dorsalseite hinüberschlägt".

Auf diesen Taschen sitzen birnförmige Gebilde, welche, wie ich im Gegensatz zu Ludwig hervorheben muß, solid sind. Sie stehen nicht regellos zerstreut auf der Oberfläche der Genitaltaschen, sondern sind in einer Reihe angeordnet. Ihre Stellung und Lagerung richtet sich ganz genau, wie ich weiter unten zeigen werde, nach dem Verlauf der Genitalröhren mit ihren Keimzellen.

Nach diesem kurzen allgemeinen Überblick wende ich mich zunächst dazu, die Genitalröhren in ihrem Bau und ihrem Verhältnis zu den Blutlakunen genauer zu schildern.

2. Der Verlauf der Genitalröhren und der dorso-ventralen Blutlakunen.

Die im Folgenden zu beschreibenden Verhältnisse lassen sich nur auf Vertikalschnitten, denen Horizontalschnitte ergänzend zur Seite stehen müssen, erkennen. Zu dieser Anfertigung von Schnittserien eignet sich Ophioglypha albida der Ostsee (Kiel) in vorzüglicher Weise, da sie nie einen größeren Scheibendurchmesser als 1 cm besitzt und nur wenig Kalk enthält. Die Gewebe bleiben nach der Entkalkung vorzüglich gut erhalten, mögen sie nun vorher mit Osmiumsäure, Pikrinschwefel- oder Chromsäure konserviert worden sein.

Die Genitalröhren sowohl als die sie umgebenden Blutlakunen verlaufen nur in gewißen Teilen des Rückens der Scheibe. Will man sie hier auffinden, so muß man Vertikalschnitte untersuchen, welche durch die Scheibe und parallel zur Armachse durch einen Arm gehen.

In der Rückenwand der Scheibe, und zwar radial gelegen (radial liegen die in den fünf Armachsen gelegenen Organe, interradial die zwischen je zwei Armen gelegenen), fällt der uns schon von der Beschreibung des aboralen Blutlakunenringes her bekannte Schizocoelkanal mit der Blutlakune in dem in das Lumen des letzteren hervorragenden Bindesubstanzstrange in das Auge.

In diesem bindegewebigen Strang verläuft weiterhin ein stark hervortretende Zellen einschließender Kanal, die Genitalröhre. Seine Wandung ist eine Membran, die der Bindesubstanz angehört. Im Innern dieser Röhre liegen 0,009 bis 0,04 mm große Zellen, deren Zellsubstanz fast homogen erscheint, nur um den Kern eine Granulierung (oder Fadenwerk) zeigt. Der Kern

dieser Zellen mißt 0,007 mm, ist also verhältnismäßig sehr groß. Er ist ein kugeliges Bläschen, das sich hell rosa tingiert und ein schönes dunkel gefärbtes Netzwerk zeigt. Diese Zellen sind die Urkeimzellen. Sie sind bald kugelig, bald oval, bald kann man stumpfe Fortsätze an ihnen unterscheiden. Je nach dem Zustand, in welchem diese Zellen von der Konservierungsflüssigkeit beim Fixieren getroffen wurden, sind sie erhalten geblieben. Im Leben bewegen sie sich amöboid, wie man schon aus ihrer Lagerung erkennen kann. Sie liegen stets frei in der Genitalröhre.

Der Verlauf der Genitalröhre ist natürlich derselbe wie der des aboralen Blutlakunenringes, so daß ich nur auf die Beschreibung desselben zu verweisen brauche. Eine besondere Besprechung verdient er nur da, wo er jenseits der Adduktorenmuskeln (zwischen der Bursalspange und dem Radialschilde) aus der dorsalen Scheibenwand heruntertritt und immer noch in der Blutlakune gelegen — begleitet vom Schizocoelkanal — in die Bursalwand eintritt. Sobald er in die Bindesubstanzschicht der Wandung eingetreten ist, gabelt er sich, indem ein Schizocoelkanal mit der ebenfalls gegabelten Genitalröhre in der zentralen Bursalwand, der andere auf der ventralen herabläuft. Sie steigen beide vom Scheitel der Bursalwand an in der letzteren herab bis zur Basis, um dann aus derselben auszutreten. Ihren weiteren Verlauf schildere ich später.

Verfolgen wir nun im einzelnen den Perihämalkanal! In Fig. 2 auf Taf. VI ist ein Querschnitt durch die Bursalwand wiedergegeben. Der Perihämalkanal ist mit *Sch* gekennzeichnet. Er ist an manchen Stellen geschlossen, indem dann die Genitalröhre mit den sie umgebenden Blutlakunen sein Lumen voll ausfüllen. Im allgemeinen ist er aber mit seiner endothelartigen Auskleidung leicht zu erkennen. Weiter ragt die Genitalröhre *GR* mit ihren großen Urkeimzellen der Länge nach durchschnitten deutlich hervor. Die Blutlakunen, welche sie umgeben, sind sehr zusammengedrückt, so daß sie oftmals kaum zu erkennen sind.

Die Entstehung der Genitalsäckchen ist, wie man aus dem Bau des halb ausgebildeten Organes schließen kann, folgende. Es finden im Verlauf der Genitalröhre Wucherungen der Urkeimzellen statt, welche sich knospenartig bilden und die über ihnen liegende Bursalwand, welche aus einer dünnen Bindesubstanzschicht (*bg* in Fig. 2 auf Taf. VI) und dem Cölomepithel besteht, mit emporheben. Diese Knospen wachsen mehr und mehr hervor, indem die Urkeimzellen in sie einwandern und nun entweder

sich durch Wachstum in die Eizellen differenzieren, oder aber die Samenmutterzellen durch Teilung bilden. Bei männlichen und weiblichen Ophiuren sind die Urkeimzellen von genau derselben Größe, demselben Bau und den gleichen Eigenschaften Reagentien gegenüber.

Die weiblichen Genitalsäckchen. Betrachtet man einen Schnitt durch ein weibliches Genitalsäckchen zur Zeit, wo die Eier sich noch in den verschiedensten Größen finden, so sieht man ein vollständig prall angefülltes birnförmiges Säckchen, welches mit dem zugespitzten stielförmigen Ende der Außenwand der Bursa aufsitzt. Die Wandung des Genitalsäckchens ist äußerst dünn und besteht aus einem seine Oberfläche überkleidenden Plattenepithel dem Cölomepithel zugehörig und unterhalb desselben eine sehr gering entwickelte Bindesubstanzschicht, in welcher die Blutflüssigkeit zirkuliert. Diese ist aber der Dünne der Wandung wegen bei unserer Art kaum erkennbar. Lakunen sind kaum vorhanden, wie aus der Fig. 3 auf Taf. VI hervorgeht. Das Innere des Säckchens zeigt keinen Hohlraum, sondern ist vollgepfropft von Eizellen in allen Größen. Die größeren liegen meist am kugelig abgerundeten Ende der Säckchen. Zwischen den Eizellen, von denen die größeren 0,07 mm, ihr Keimfleck 0,04 mm messen, liegen die Urkeimzellen noch unverändert wie in den Genitalröhren. Ihr Zellkern wird zum Keimbläschen der Eizellen. Die größeren Eizellen lassen eine helle Membran erkennen, welche sie als homogenes Häutchen umhüllt. Diesen Eihüllen liegen Zellen an, welche abgeplattet sind und einen Kern von nur 0,003 mm Durchmesser zeigen, und wohl als Follikelzellen angesehen werden können. Sie gehen aus den Urkeimzellen hervor, welche sich nicht zu Eizellen entwickelt haben. Um diese Zeit findet man oft Zellen im Zerfall begriffen, deren Zellsubstanz wohl als Nährmaterial für die wachsenden Eizellen dient.

Worauf es uns hier besonders ankommt, ist der Nachweis, daß die Eizellen sich aus den Urkeimzellen entwickeln, und zwar in besonderen knospenartigen Anlagen, deren zentrale Masse von den wachsenden Eizellen gebildet wird.

Die Öffnungen, welche von den Genitalsäckchen durch die Bursalwand in den Hohlraum derselben führen, brechen erst später durch, wenn die Eier ausgereift sind.

Die Hodensäckchen. In gleicher Weise wie die Ovarialsäckchen legen sich die Hodensäckchen als solide Knospen an. Bei ihnen läßt sich fast noch besser diese Entwicklung der

Urkeimzellen, hier zu Samenmutterzellen, verfolgen. In Fig. 4, Taf. VI ist ein Längsschnitt durch ein Hodensäckchen wiedergegeben. Dasselbe ist von birnförmiger Gestalt. Es wird überkleidet von dem Cölomepithel (e^2). Unter demselben liegt eine dünne Bindesubstanzschicht, in welcher wir uns die Ernährungsflüssigkeit, das Blut, in Lakunen zirkulierend zu denken haben. In dem Stadium der Entwicklung, in welchem die in Fig. 4 abgebildete Hodenanlage steht, ist das Lumen so stark erfüllt von Zellen, daß die Wandung eng aneinander gepreßt erscheint. Dazu kommt, daß selbst die die Genitalröhre in ihrem Verlaufe in der Bursalwand umgebende Blutlakune nur von sehr geringer Ausdehnung und die Blutflüssigkeit kaum erkennbar ist. — An der Basis sieht man die Urkeimzellen in das Lumen des Hodensäckchens eindringen, und zwar in mehreren Schichten der Bindesubstanzschicht aufliegen, während nach innen kleinere, durch Teilung hervorgegangene Zellen liegen, die Samenmutterzellen, und das Zentrum von bereits reifen oder reifenden Spermazellen eingenommen wird. Diese sind an den langen Schwänzen und ihrem sich stark tingierenden kugeligen Kopfe leicht erkennbar Jetzt sind bereits Öffnungen zu erkennen, das heißt aus den Hodensäckchen führt ein enger, von Zellen, welche im Leben wahrscheinlich wimpern, ausgekleideter Kanal durch die Bursawandung hindurch und öffnet sich in den Hohlraum derselben. Durch aktive Bewegung gelangen die Spermazellen durch denselben nach außen. Eine Muskulatur, welche etwa durch Kontraktionen die Entleerung der Genitalsäckchen beschleunigen könnte, findet sich bei unserer Art nicht in der Wandung vor, weder in der der männlichen, noch in der der weiblichen Genitalsäcke.

Kapitel 7.

Der Darmtraktus.

(Ophioglypha albida.)

Die Lage und die Gestalt des Darmtraktus läßt sich aus der Fig. 3, Taf. II erkennen, welche einen Längsschnitt durch die Scheibe und den Beginn eines Armes widergiebt. In den Darm führt die große geräumige Mundöffnung, welche zugleich als After funktioniert. Das Körperepithel setzt sich an der Mundöffnung fort in das Wimperepithel des Darmes, welches seine größte

Stärke an der dorsalen Wand erreicht. Hier sind die Darmepithelzellen bis 0,1 mm hoch, während sie an der ventralen Wand sehr niedrig, 0,01 mm hoch sind. Der Darm trägt in ganzer Ausdehnung Wimpern.

In Fig. 9 auf Taf. VI ist ein Stück der Darmwandung wiedergegeben. Die Epithelzellen haben eine cylindrische Gestalt, und der ovale Kern liegt in dem basalen Teile der Zelle, wie in Fig. 10 derselben Tafel an den isolierten Zellen erkennbar ist.

Jeder Zelle sitzt eine Anzahl von Stäbchen auf, wie sie Frenzel[1]) bereits bei Ophioderma beschrieben hat. Diese Stäbchen fand ich auf meinen Schnittserien deutlich erhalten. Die mit Osmiumsäure behandelten und mit Pikrokarmin gefärbten Schnitte ließen sogar teilweise noch die zarten Wimpern erkennen. Die Stäbchen sitzen nicht direkt den Zellen auf, sondern mit Hilfe von Knöpfchen, welche wie eine Perlenschnur gelagert sind (Fig. 10 *Kn*). Die Wimpern stehen nicht dicht gedrängt, sondern Lücken fanden sich zwischen den einzelnen Haaren.

Unterhalb der Epithelzellen erkennt man Nervenfibrillen, welche besonders im Anfangsteil des Darmes deutlich wahrnehmbar sind. Besonders bei den größeren Arten treten sie auf Schnitten gut hervor.

Die Bindesubstanzschicht besitzt nur eine sehr geringe Entwicklung. Nur an der Stelle, an welcher die Darmlakune an die Wandung herantritt, ist sie stärker ausgebildet, und läßt in Lücken die Blutflüssigkeit erkennen.

Unterhalb dieser Bindesubstanzschicht liegt eine Muskelschicht, welche aus einer Lage glatter Muskelfasern sich zusammensetzt, welche ringförmig verlaufen. Unterhalb derselben liegt das einschichtige, die Außenfläche des Darmes überziehende, aus kubischen Zellen bestehende Epithel, welches die Leibeshöhle auskleidet.

Eigenartige Bildungen treten um die Mundöffnung auf. Die Lage derselben läßt sich aus der auf Taf. II, Fig. 3 gegebenen Abbildung am besten erkennen. Zur weiteren Orientierung mögen die Figuren 21 und 22 auf Taf. XII dienen. Auf beiden sind Längsschnitte durch die Mundöffnung wiedergegeben, aber nur die eine Hälfte des Munddarmes dargestellt. Mit *WGR* ist der Wassergefäßring und mit *GR* der durchquerte Gehirnring be-

---

1) Frenzel, Zum feineren Bau des Wimperapparates, in Arch. f. mikr. Anat., Bd. 28, pag. 63, 1886.

zeichnet, von welchem ein radiärer Nervenstamm sich abzweigt. In dem einen Falle ist nun die kreisrunde Mundöffnung klein, indem der Munddarm oder vielmehr seine Wandung wie ein Velum nach dem Zentrum der Ventralfläche der Scheibe hervorragt (Fig. 21); im anderen Falle ist die Mundöffnung weit klaffend, indem der Anfangsdarm nach oben zurückgezogen ist (Fig. 22). Dies sind die beiden Extreme, welche man auf vertikalen Längsschnitten durch die Scheibe zu Gesicht bekommt. In welcher Weise geschieht nun diese Schließung und Öffnung der Mundöffnung?

Zunächst steht mit derselben in Verbindung ein Hohlraum, und zwar ein Schizocoelraum in der Bindesubstanzschicht der Wandung des Anfangsdarmes. Dieser ist in beiden Figuren mit *Sch* bezeichnet. Der Schizocoelraum läuft ringförmig um die Mundöffnung, ist aber keineswegs geschlossen, sondern steht — wie ich auf Osmiumpräparate gestützt behaupten kann — durch kleine Lücken in der Bindesubstanzschicht mit dem Schizocoelraum in Verbindung, in welchem der Gehirnring liegt. Diese Lücken sind schwer wahrnehmbar und meist geschlossen. Daß aber die Flüssigkeit beider Schizocoelräume in Verbindung steht, darüber kann kein Zweifel sein.

Die Innenwand dieses mit *Sch* in Fig. 21 und 22 bezeichneten Hohlraumes ist mit ringförmig verlaufenden glatten Muskelfasern besetzt, welche eine Verengerung der Mundöffnung bewirken können.

Beobachtet ist dieser bei Oph. albida besonders deutliche Schizocoelraum bisher noch nicht worden, wohl aber ein zweiter kreisförmiger Kanal, zu dessen Schilderung ich gleich übergehen will. Teuscher[1]) war der erste, welcher denselben als Lippenhohlraum beschrieben hat. Ludwig[2]) hat ihn als inneren oralen Perihämalraum bezeichnet. Er soll homolog sein den gleichen Räumen eines Asteriden. Dem kann ich ebensowenig wie Koehler[3]) beistimmen, wie schon aus meiner Schilderung, die ich vom Nervenring gegeben habe, hervorgeht. Dieser Lippenhohlraum, der espace oral, wie ihn Koehler nennt, ist von kreisrunder Gestalt, das heißt es ist ein den Anfangsteil des Darmes umgrenzender Hohlraum,

1) Teuscher, Beiträge zur Anatomie der Echinodermen, in: Jen. Zeitschr. f. Naturwiss., Bd. 10, 1876.

2) Ludwig, Neue Beiträge zur Anatomie der Ophiuren, in: Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 34, 1880.

3) Koehler, Recherches sur l'appareil circulatoire des Ophiures, in: Ann. Soc. Nat. Zool., Bd. 2, Sér. 7, 1887.

welcher dadurch entstanden ist, daß eine Hülle den Anfangsdarm kreisförmig einhüllt. Diese Hülle oder dieser Mantel *W* in Fig. 21 und 22 inseriert einerseits an der Darmwandung, andererseits an der Innenfläche des ventralen Integumentes in der Nähe des Wassergefäßringes *WGR*. Unser Hohlraum, welcher ein Enterocoelraum, also ein Teil der Leibeshöhle ist, ist in den Figuren mit *E* gekennzeichnet. Die Wandung dieses Mantels besteht aus einer axialen Bindesubstanzschicht und beiderseitig einem Epithel, welches mit dem Leibesepithel übereinstimmt.

Daß dieser ringförmige Kanal geschlossen ist, giebt Koehler[1]) an. Nach Injektionen überzeugte er sich, daß die Flüssigkeit nach keiner Seite weiter drang. Vergleicht man nun aber die Figuren 21 und 22 miteinander, so sieht man im einen Fall den Hohlraum verengert, im anderen erweitert. Daß eine Flüssigkeit mit Zellen sich in ihm vorfindet, ist zudem selbst auf Schnitten leicht nachweisbar.

Ich glaube nun eine Kommunikation desselben mit dem Wassergefäßring gefunden zu haben. Leider habe ich bisher nur diese Frage an Oph. albida prüfen können, hoffe aber die Resultate an größeren Arten bald geben zu können.

Bei dieser Art fand ich, daß an fünf Stellen, und zwar in den Radien vom Wassergefäßring *WGR* Öffnungen oder vielmehr kleine Kanälchen direkt in unsern Hohlraum führten. Diese minimalen Öffnungen sind durch kreisrunde zirkuläre Muskelfasern kenntlich, welche als Sphinkter wirken. Somit scheint — die Frage ist wegen der Kleinheit dieser Öffnungen nicht leicht zu entscheiden — eine Verbindung der Flüssigkeit des Wassergefäßsystems mit diesem Enterocoelraum vorhanden zu sein und es wird diese Flüssigkeit des Hohlraumes von Bedeutung sein bei der Öffnung oder Schließung des Mundes. Die Muskulatur ist in der Wandung des Munddarmes sehr gering entwickelt. Wenige in Abständen liegende, die Mundöffnung umkreisende Fasern treten auf, während in der Wandung des Hohlraumes Längsfasern kenntlich sind.

---

1) Koehler, Recherches sur l'appareil circulatoire des Ophiures, in: Ann. Soc. Nat. Zool., Bd. 2, Ser. 7, 1887.

Das drüsige Organ.

In gleicher Weise wie Ludwig [1]) bei den Asteriden von einem Herzen sprach, geschieht dies auch bei den Ophiuren. Die späteren Forscher haben gezeigt, daß die Funktion dieses Organes eine andere sein muß, sicher nicht die eines Herzens. Koehler [2]) nennt dasselbe glande madréporique. Die Lage und die langgestreckte Gestalt dieses Organes neben dem Steinkanal, welchem es eng anliegt, läßt Fig. 2, Taf. IV erkennen. An dem dem Blutlakunenring zugewendeten Ende kann die Blutflüssigkeit durch Lücken der Bindesubstanz eindringen.

Überzogen wird das Organ von einem Epithel, welches besonders durch seine kugligen, nicht abgeplatteten Zellkerne hervortritt. Es besteht aus Bindesubstanz, und zwar fand ich an in $^1/_2{}^0/_0$ Osmiumsäure konservierten Tieren dieselbe maschig. Die Fibrillen umgrenzten teilweise Hohlräume, in denen eine geronnene Flüssigkeit und verästelte Zellen lagen, teilweise waren solche Räume nicht vorhanden und die Fibrillen schienen einen regellosen Verlauf zu nehmen.

Wie dieses Organ, welches im Verhältnis zu anderen Echinodermen recht gering entwickelt scheint, bei anderen Arten gebauist, müssen spätere Untersuchungen lehren. Solange über die Entwicklung aller dieser sog. drüsigen Organe nichts bekannt ist, wird unsere Deutung derselben eine sehr unsichere bleiben. Immerhin ist das negative Resultat, daß wir ein Herz nicht in denselben zu sehen haben, ein, wenn auch nur kleiner Fortschritt.

Kapitel 8.

Muskulatur und Bindesubstanz.

Die Muskelfasern der Ophiuren sind besonders eingehend von Schwalbe [3]) untersucht worden. An der frischen Muskelfaser von Ophiotrix fragilis, welche einem Intervertebralmuskel entnommen wurde, erkannte er eine doppelte Schrägstreifung, welche der kon-

---

1) Ludwig, Neue Beiträge zur Anatomie der Ophiuren, in: Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 34, 1880.

2) Koehler, Recherches sur l'appareil circulatoire des Ophiures, in: Ann. Soc. Nat. Zool., 7. Sér., Bd. 2, 1887.

3) Schwalbe, Über den ferneren Bau der Muskelfasern wirbelloser Tiere, in Arch. f. mikroskop. Anatomie, Bd. 5, 1869.

traktilen Substanz zukommt. Es handelt sich um Liniensysteme, „welche nicht etwa quer um die Muskelfaser herum oder der Länge nach verlaufen und somit eine Quer- oder Längsstreifung darstellen, sondern die vielmehr schräg von einer Seite der Faser zur andern hinüberziehen. Es hat den Anschein, als ob zwei sich kreuzende Systeme von Spiralfasern um den Muskelcylinder herumliefen.“ Weiter beobachtete Schwalbe ein deutliches Sarkolemm und einen Kern von elliptischer Gestalt zwischen Sarkolemm und Faser.

Außer bei Ophiuren wurde von Schwalbe eine gleiche doppelte Schrägstreifung bei Würmern (Arenicola) beobachtet. Seinen Angaben ist in neuerer Zeit Rohde [1]) entgegengetreten, welcher dieselbe nicht wiedergesehen hat. Somit wird es wohl entschuldbar, wenn ich bei der Darstellung meiner eigenen Untersuchungen, welche fast nur eine Bestätigung der Schwalbe'schen enthalten, länger verweile.

Die Schrägstreifung ist sowohl an der frischen Muskelfaser, welche ohne jedes Reagens untersucht wird, erkennbar, als auch an älterem Spiritusmaterial. Sie zeigt sich an der kontrahierten Muskelfaser sehr deutlich wahrnehmbar, während ich an der ausgestreckten Faser umsonst nach ihr suchte, oder sie kaum ausgeprägt fand. Dies gilt besonders für das Alkoholmaterial. Die Stärke derjenigen Muskelfasern, welche die doppelte Schrägstreifung zeigten, beträgt 0,002 mm. Ein 0,01 mm langer, ovaler bis spindeliger Kern liegt im Zentrum der Muskelfaser, der kontraktilen Substanz außen auf und läßt an seinen beiden Polen eine feinkörnige Masse, den Rest der Bildungszelle, erkennen. Das Sarkolemm ist sehr schwer wahrzunehmen, läßt sich aber an der frischen Faser deutlich sehen, sobald diese so liegt, daß ihr Kern auf einer Seite aufliegt. Dann verfolgt man leicht, wie das Sarkolemm sich über derselben erhebt, um der Muskelfaser an den übrigen Teilen eng anzuliegen.

Der Kern zeigte ein deutliches Fadenwerk, hier und da trat ein Nucleolus hervor. Den gleichen Bau dieser Intervertebralmuskeln fand ich bei Ophioderma longicauda und Ophiomyxa pentagona. Die Muskelfasern der ersten Art sind in Fig. 13 auf Tafel V dargestellt.

---

1) Rohde, Die Muskulatur der Chaetopoden, in: Zoolog. Beiträge, herausgegeb. von Schneider, Bd. 1, 1885.

Es gelingt leicht, die einzelnen Muskelzellen der Länge nach in eine Anzahl von Fibrillen zu zerfasern.

Außer den in Fig. 13 abgebildeten Muskelfasern trifft man solche, bei denen die beiden sich schneidenden Liniensysteme hell erscheinen, während die quadratischen Felder zwischen ihnen dunkel und stark lichtbrechend. Die dunkeln Quadrate entsprechen nach Schwalbe der anisotropen Substanz, die hellen Liniensysteme hingegen werden aus der isotropen gebildet.

Die Muskulatur zeigt an den übrigen Körperstellen, so in der Rückenwand und im Darm diese Streifung nicht. An der frischen Faser läßt sich bei Anwendung von Ölimmersionssystemen eine schwache Längsstreifung erkennen. Dementsprechend tritt bei diesen glatten Muskelfasern leicht ein Zerfall in Fibrillen ein. An ihren Enden sind diese Fasern entweder spindlig zugespitzt oder aber pinselförmig gestaltet, wie Fig. 17 auf Taf. V zeigt. Jede Faser besitzt einen ovalen, langgestreckten Kern, welcher selten von etwas feingranulierter Substanz umgeben ist. Ein Sarkolemm ist an Spiritusmaterial schwer nachweisbar, aber vorhanden.

Einer besonderen Erwähnung bedürfen die Muskelfasern des Wassergefäßsystemes. An den oben näher beschriebenen Stellen trifft man ringförmig verlaufende Fasern, welche einen geschlossenen Ring vorstellen und eine bei stärkster Vergrößerung schwach wahrnehmbare Längsstreifung zeigen. Die Dicke dieser Fasern beträgt 0,002 mm, ob ihnen ein Kern zukommt, kann ich nicht angeben, da die großen Kerne der Wassergefäße einer Entscheidung im Wege standen und ich zwischen ihnen keine besonderen Kerne fand.

Quergestreifte Muskelfasern, welche ich bei Echiniden beschrieben habe, traf ich bei keiner Ophiure an.

Die Bindesubstanz, welche den größten Teil der Körperwandung bildet, zeigt uns die gleichen Verhältnisse, wie wir sie bei den früher geschilderten Echinodermen antrafen. In einer gallertigen Zwischensubstanz liegen Zellen, deren Fortsätze dieselbe nach den verschiedensten Richtungen durchsetzen. Meist gelingt es, die Fibrillen noch in Zusammenhang mit ihren Bildnerinnen zu treffen. Dies ist an den Stellen vor allem der Fall, an welchen die Zwischensubstanz unverkalkt geblieben ist. Im übrigen erhält man, sobald der Kalk durch Chromsäure entfernt ist, die bekannten Bilder. Die Bindesubstanzschicht erscheint dann wie ein Netzwerk. In den hohlen Maschen lagerte die entfernte Kalk-

substanz. Dieser Kalk wird nicht als kompakte Masse abgeschieden, sondern bleibt nach allen Seiten netzartig von Kanälen durchzogen. Diese letzteren werden eben von der unverkalkten Bindesubstanz erfüllt. Fig. 9, Taf. III zeigt diese Masse und die Lücken. Die Bindesubstanzzellen von spindliger oder sternförmiger Gestalt liegen meist in den Knotenpunkten des Netzwerkes. In der Grundsubstanz treten die Fibrillen deutlich hervor. An anderen Stellen freilich sucht man vergebens nach ihnen, dann erscheint es, als wäre nur die hyaline Grundsubstanz vorhanden. Dies hängt meist von der Konservierung ab.

Außer Pigmentzellen mit baumförmig verästelten Fortsätzen treten, wenn auch selten, kuglige amöboide Zellen auf, welche eine feingranulierte Substanz besitzen, neben einem kugligen Kern. Sie sind 0,01 mm groß.

Die Bindesubstanzschicht des Darmes ist bereits erwähnt worden. Sie bietet insofern Interesse, als in ihr in Lücken und Spalten Blutflüssigkeit nachweisbar ist, ohne daß ein Endothel dieselben auskleidete.

Seinem lieben Freunde

P. Herbert Carpenter

widmet

diese Crinoiden-Studien

zur

Erinnerung an gemeinschaftlich froh verlebte Stunden

der Verfasser.

II. Teil.

Die Crinoiden.

Kapitel 1.

Das Nervensystem.

Einer vollkommen neuen Untersuchung bedarf das Nervensystem unserer Tiere. Hierbei ist vor allem einmal der histologische Nachweis zu bringen, daß man wirklich es mit Ganglienzellen und Nervenfasern zu thun hat, was die Umhüllung des gekammerten Organes und die übrigen hierher gehörigen Elemente angeht: Gehen wir auf Grund einer histologischen Analyse die sämmtlichen Gewebe des Crinoidenkörpers durch, so wird sich wie bei den bisher von mir geschilderten Echinodermenklassen auch bei diesen Formen genau sagen lassen, was zum Nervensystem gehört. Die Gesichtspunkte, welche bisher geltend gemacht wurden, waren entweder rein morphologische (Ludwig u. a.) oder physiologische (Carpenter, Marshall u. a.). Nur ein Forscher, Jickeli [1]), macht eine Ausnahme, indem er in einer vor fünf Jahren erschienenen vorläufigen Mitteilung von rein histologischen Gesichtspunkten ausgeht. Leider ist eine ausführliche Arbeit seinen interessanten Zeilen nicht gefolgt.

Es war im Jahre 1865, dass W. B. Carpenter [2]) die um sein sog. gekammertes Organ gelegene Nervenmasse als Nervensystem deutete. Damit war im Kelch das Nervenzentrum gegeben, von welchem aus in die Arme und die Pinnulae wie in die Cirrhen Nervenstränge strahlten. Diese Anschauung wurde von P. H.

---

1) Jickeli, Vorläufige Mitteilungen über den Bau der Echinodermen, in: Zool. Anzeig., 7. Jahrgang, No. 170, 1884.

2) W. B. Carpenter, Researches on the structure, physiology and development of Antedon rosaceus, P. 1, in: Trans. Roy. Soc., London, V, 156.

Carpenter [1]) zu der seinigen gemacht und in mehreren Arbeiten ausführlich begründet. Diese Deutungen haben von deutschen Forschern nur die Billigung von Semper [2]) erfahren, während Greeff [3]), Teuscher [4]) und vor allem Ludwig [5]) sie verwarfen. Der letztgenannte Forscher hielt diese von den Engländern als nervös angesehene Gewebemasse für eine „unverkalkt gebliebene skelettbildende Gewebslage". Perrier [6]) stellte sich auf Seite Carpenter's und ihm sind Marshall [7]) und Carl Vogt und Yung [8]) gefolgt, während W. B. Carpenter [9]) nochmals zu Gunsten seiner alten Auffassung neue Argumente ins Feld führte. Neuerdings hat übrigens auch Ludwig seine Ansicht geändert, denn in der von ihm besorgten Neu-Bearbeitung der „Synopsis der Zoologie von Leunis" wird in der Einleitung zu den Crinoiden diesen außer dem ambulacralen Nervensystem noch ein Zentralorgan im Rücken zuerkannt, welches als antiambulacrales bezeichnet wird.

Betrachten wir die Resultate dieser verschiedenen genannten Arbeiten unbefangen, so scheint mir schon aus ihnen unzweifelhaft hervorzugehen, daß die fragliche, das gekammerte Organ umhüllende Fasermasse, sowie die von ihr ausstrahlenden Verzweigungen nervöser Natur sind. Den ausführlichen histologischen Beweis denke ich hier zu liefern. Außer diesem Nervenzentrum hat Jickeli ein zweites beschrieben, welches um den Mund gelagert ist und Äste abgiebt, welche die Wassergefäße begleiten. Das

---

1) P. H. Carpenter, Remarks on the anatomy of the armes of the Crinoids, in: Journ. of Anat. and Physiology., V. 10, 1877. — On some points in the anatomy of Pentacrinus and Rhizocrinus, ebenda, V. 12, und On the genus Actinometra, in: Transact. of the Linn. Soc., V. 2, 1879, u. Challenger-Crinoiden, P. 1, 1884.

2) C. Semper, Kurze anatomische Bemerkungen über Comatula, in: Arbeit a. d. zool. Inst. Würzburg, 1. Bd., 1874.

3) Greeff, Über den Bau der Crinoideen, in: Marb. Sitzber., 1876.

4) Teuscher, Beiträge zur Anatomie der Echinodermen: 1. Comatula, in: Jen. Zeitschr., Bd. 10, 1876.

5) Ludwig, Morpholog. Studien an Echinodermen: Zur Anatomie der Crinoideen, in: Zeitschr. f. wissensch. Zoologie, Bd. 28, 1877.

6) E. Perrier, Recherches sur l'anatomie et la régénération des bras de la Comatula rosacea, in: Arch. zool. expériment. T. 2, 1872.

7) A. M. Marshall, On the nervous System of Antedon rosaceus, in: Quart. Journ. of mikr. Sc., Bd. 24, 1884.

8) C. Vogt und Yung, Lehrbuch d. prakt. vergl. Anatomie, Lief. 9 und 10, 1886.

9) W. B. Carpenter, On the nervous system of the Crinoidea, in: Proc. of the R. Soc., No. 232, 1884.

Vorhandensein dieses Teiles des Nervensystems haben Vogt und Yung bestritten. Sie haben es nicht zu Gesicht bekommen. Es ist jedoch vorhanden und werde ich seinen Bau, seine Verzweigungen ausführlich schildern. Weiter ist vornehmlich von Ludwig und Greeff ein Nervenring beschrieben worden, welcher um den Mund subepithelial gelagert ist, und von ihm auslaufende Nerven, die Ambulacralnerven. Genau histologisch untersucht sind diese Faserzüge bisher nicht. Nicht einmal Zellen, sondern nur Kerne sind in dieser streifig scheinenden Gewebsmasse beschrieben worden. Zudem hat Carpenter [2]) darauf aufmerksam gemacht, daß Ambulacralnerven teilweise in den Armen von Actinometra gänzlich fehlen können und diese doch nicht weniger reizbar sind. Er bezeichnet den Ludwig'schen circumoralen Nervenring — dessen Vorkommen Jickeli [3]) übrigens schon bestreitet — und seine Zweige in die Arme als einen accessorischen Teil des Nervensystems. Derselben Ansicht ist auch Marshall [4]), welcher die Subepithelialnerven als wahrscheinlich nervöser Natur, aber von vollkommen untergeordneter Bedeutung bezeichnet.

Dies ist in groben Umrissen der Stand der Frage nach dem Nervensystem der Crinoiden. Im folgenden habe ich Gelegenheit, im einzelnen auf die Arbeiten der genannten Forscher zurückzukommen.

Eigene Untersuchungen.

(1. Antedon rosacea.)

Das Nervensystem der Crinoiden ist teils epithelial, teils mesodermal gelagert.

Ich unterscheide den Teil des Nervensystems, welcher sein Zentralorgan in der um das gekammerte Organ liegenden Nervenfasermasse besitzt, als das dorsale Nervensystem von einem zweiten gesonderten Teil, welcher sein Zentralorgan in einem pentagonalen in der Bindesubstanz gelegenen Nervenring oder Schlundring besitzt, als dem ventralen Nervensystem. Hierzu kommt der im Vergleich mit Asteriden u. a. rudimentäre, in den Ambulacralfurchen epithelial (nicht subepithelial!) gelegene Teil des Nervensystems, das Ambulacralnervensystem.

---

1) a. a. O., p. 565.
2) Proceed. of the R. Soc., No. 232, 1884.
3) Jickeli, a. o. O.
4) a. o. O.

Die Begründung dieser Einteilung gebe ich ausführlich in der folgenden Darstellung.

Was die Nervenfaserzüge in der Wandung des Darmtraktus anlangt, so zweigen sich dieselben ab vom epithelial gelagerten Plexus, während die Nerven in den Mesenterien und Bändern der Leibeshöhle mit dem ventralen Nervensystem in Verbindung stehen.

1. Das Zentralorgan des dorsalen (aboralen) Nervensystems.

Als das Zentralorgan bezeichne ich den im Centrodorsale liegenden Teil, von welchem aus die dorsalen Nervenstämme in die Arme und die Nervenzüge in die Cirrhen entspringen. Ich knüpfe bei der Beschreibung desselben an das über das sog. gekammerte Organ Gesagte an.

Es setzt sich das Zentralorgan zusammen erstens aus einer Summe von kreisförmig verlaufenden Nervenfasern, welche das gekammerte Organ dorsalwärts überlagert. Auf dem Längsschnitt Fig. 1, Taf. VII ist dieser Teil mit *c* bezeichnet. Von diesem Teil gehen die die Cirrhengefäße begleitenden Nervenfaserzüge aus. In Figur 2 ist derselbe stärker vergrößert wiedergegeben. Nimmt man nun Querschnitte durch das gekammerte Organ zu Hilfe und mustert dieselben von der Dorsalseite beginnend, so erhält man bald ein Bild, wie Fig. 4 wiedergiebt. Man sieht, wie an fünf Stellen, den Ecken eines regulären Fünfeckes, Nervenstämme austreten und nach oben in die Höhe streben. Der Querschnitt Fig. 4 ist etwa in der Höhe von *a—b* in Fig. 1 gelegt. Auf einem der nächsten Querschnitte Fig. 5 ist zu sehen, wie eine Teilung jedes der anfangs einfachen Nervenstämme eingetreten ist: sie teilen sich dichotomisch. Die fünf äußeren Hohlräume sind, wie ich hier erinnere, fünf Fortsetzungen der Leibeshöhle, welche sich bei Anted. rosac. besonders tief herunter erstrecken. Ein weiterer Querschnitt Fig. 6 ist durch das obere Ende des gekammerten Organes gelegt (er würde der Richtung von *c—d* in Fig. 1 entsprechen). Aus ihm geht hervor, daß das gekammerte Organ auch an seiner Ventralseite von einer Nervenfasermasse umhüllt wird in gleicher Weise wie an der dorsalen und den Seiten. Ventralwärts wird die Nervenmasse von der Rosette Carpenters begrenzt, einem Kalkstücke (*R* in Fig. 1 und 10, Taf. VII). Ein Querschnitt oberhalb des gekammerten Organes zeigt folgendes. Die auf tieferen Schnitten als dichotomich geteilte Nervenstämme beschriebenen Gebilde sind weiter auseinandergetreten, und indem

je zwei benachbarte convergieren (Fig. 7), tritt eine Verschmelzung derselben ein zu einem unpaaren kräftigen Nervenstamm (Fig. 8). Diese fünf Nervenstämme, welche hierdurch entstanden sind, sind die fünf Armnerven. Kurz nach ihrer Bildung — im ersten Radiale — werden sie untereinander durch eine Kommissur verbunden, welche die Form eines Pentagons hat. Ein Querschnitt durch diesen Teil ist in Fig. 1, Taf. VIII abgebildet. Will man auf Längsschnitten diese Kommissur antreffen, so müssen diese tangential zum gekammerten Organ geführt werden. Einen solchen giebt die Fig. 10 auf Taf. VII wieder.

Von dem Verlauf der fünf Radialnerven sowie der soeben geschilderten Verhältnissen giebt das untenstehende Diagramm ein Bild.

Die Nervenstämme treten durch das zweite Radiale hindurch um im dritten sich dichotomisch zu teilen und in die Arme als Armnervenstämme einzutreten.

Unmittelbar nach ihrem Auseinanderweichen findet das merkwürdige Chiasma nervorum brachial. statt, indem je ein Nervenzug von einem Armnerv zum anderen zieht. Beide kreuzen sich, und da wo die dem Kelche abgewendeten Ursprungsstellen der

beiden Nervenzüge sind — tritt noch ein quer verlaufender Nervenzug hinzu, wie die Fig. 2 auf Taf. IX — nach einem Längsschnitt durch einen Arm entworfen — ausweist.

Dieses ist der Bau des zentralen Teiles des Nervensystems.

Das Diagramm, welches ich oben gegeben habe, stimmt überein mit dem von Marshall [1]) gegebenen, ist nur weniger schematisch und genau nach der Querschnittserie konstruiert. Abweichend ist es von dem von Ludwig [2]) gegebenen, da bei Anted. rosac. die die Radialia durchziehenden Nerven nicht paarig sind, sondern eine gemeinsame Masse darstellen. Dies gilt übrigens auch für die Gattung Actinometra.

Der feinere Bau. Mit Recht konnte Jickeli sagen, daß der histologische Beweis für die nervöse Natur dieser Fasermassen noch nicht erbracht sei, wenn auch seither einzelne Forscher multipolare Zellen gesehen haben. Irgendwelche Abbildungen, welche den Bau der Nervenfasern illustrieren könnten, giebt es bis jetzt nicht.

Daß man nun diese die Wandung des gekammerten Organes bildenden Fasermassen nicht für bindegewebiger Natur halten kann, muß Jeder, welcher jemals Nerven und Bindegewebe eines Echinodermen untersucht hat, sofort erkennen — wenn nicht etwa das Material in zu schlechtem Zustand sich befindet.

Während die Bindegewebsfasern sich durch ihren gröberen Bau und durch die ihnen eigentümliche netzförmige Anordnung auszeichnen, sind die Fibrillen des Zentralnervensystems äußerst fein; sie liegen eng eine an die andere geschmiegt, und verlaufen nie wirr durcheinander, sondern parallel. Mit neutraler Karminlösung behandelt färbt sich ihre Masse hellrosa, während die Ganglienzellen sich durch ihren dunkeln Leib hervorheben.

Untersucht man die Nervenfibrillen in Glycerin, so fällt an ihnen auf, daß ihre Substanz ein feinkörniges, oder fein granuliertes Aussehen besitzt, und zugleich ein starkes Lichtbrechungsvermögen besitzt. Die Dicke der Fasern bleibt sich im Allgemeinen gleich. Sie sind noch eben meßbar, ungefähr 0,001 mm dick.

Außer diesen Nervenfibrillen treten Zellen auf, welche sich schon durch ihren Habitus als Ganglienzellen erkennen lassen. Solche Zellen sind aus einem Mazerationspräparat in Fig. 3 Taf. IX

---

1) Marshall, Q. Journ. Micr. Sc. (2) Vol. 24.

2) Ludwig, Bd. 1 der Morpholog. Studien an Echinodermen, Taf. XV, Fig. 38.

abgebildet. Es lassen sich leicht zwei durch keinerlei Übergänge verknüpfte Arten unterscheiden. Einmal kleine 0,003 mm große bipolare Zellen, welche regellos zerstreut zwischen den Fasern liegen und zweitens größere Ganglienzellen, welche meist multipolar sind.

Die größeren Zellen sind entweder spindlig und dann bipolar, oder aber ihre Gestalt ist eine sehr unregelmäßige wie Fig. 3 auf Taf. IX zeigt. Ihre Größe ist schwer genau anzugeben, da ihr Leib oft sehr in die Länge gezogen sein kann. Sie schwankt zwischen 0,007—0,02 mm.

Der bläschenförmige Kern ist oval und zeigt fast stets ein Kernkörperchen. Die Zellsubstanz färbt sich intensiv; sie erscheint an meinen teils mit $^1/_2$ Chromsäure, teils mit Alkohol konservierten Präparaten granuliert. Man trifft unsere großen Ganglienzellen in bestimmter Lagerung an, während die kleineren überall zerstreut in weit größerer Anzahl auftreten.

Der Faserverlauf im Zentralorgan. Da die Fasernmasse auf der dorsalen Fläche durch die große Menge der Cirrhusgefäße durchsetzt wird, so ist der Verlauf hier ein sehr unregelmäßiger. Da jedes dieser Gefäße von einem Mantel Nervenfibrillen umhüllt und begleitet wird, und diese Fibrillen nicht nur aus der peripheren Schicht, sondern auch aus der mehr zentral gelagerten hervorgehen, so ist der Verlauf hier als ein nur im Allgemeinen konzentrischer anzusehen. An den Seiten treten die nach der Ventralseite hinaufsteigenden und das gekammerte Organ rings umhüllenden Stämme aus, zunächst fünf, die sich aber alsbald gabeln (Fig. 4 u. 5, Taf. VII). Hier haben wir eine zentrale den Kammern anliegende Nervenmasse, welche aus konzentrisch verlaufenden Fibrillen sich zusammensetzt, zu unterscheiden von den peripheren Fibrillen, welche sich zu den fünf Nervenstämmen formieren. Die Fasern verlaufen in der Richtung dieser Stämme parallel zu einander. Die großen Ganglienzellen sind besonders zahlreich in der Dorsalseite vertreten, da wo die Nervenfasern sich zu den Zügen formieren, welche die Cirrhengefäße begleiten, und ebenso da wo sich diese genannten Hauptstämme bilden. Der das gekammerte Organ direkt umhüllende Teil der Nervenfasern, in Fig. 5 mit *c* bezeichnet, verläuft konzentrisch. Aus beiden Figuren erhellt die Lage der Ganglienzellen, welche als dunklere Partieen hervortreten. Die Fasern, welche die äußerste Hülle um das gekammerte Organ bilden, verlaufen, in Fig. 6 mit *c* bezeichnet, zum größten Teil konzentrisch, teilweise auch wirr durcheinander,

untermischt mit den großen Ganglienzellen, welche hier am schönsten zu demonstrieren sind.

Der Faserlauf wie er sich von Fig. 7 auf Taf. VII bei stärkerer Vergrößerung darstellt, ist in Fig. 7 auf Taf. VIII wiedergegeben, während Fig. 9 zu Fig. 6 auf Taf. VII gehört. Aus letzterer Figur erhellt, wie beide Nervenstämme, welche dichotomisch auseinanderweichen, um mit den benachbarten zu verschmelzen, vor ihrer Trennung nochmals eine Verbindung in den mit *c* bezeichneten Faserzügen eingehen.

Eine weitere ringförmige Verbindung zwischen den fünf zu den Armen führenden Hauptstämmen ist die im ersten Radiale gelegene, welche aus nur konzentrisch verlaufenden Nervenfibrillen sich zusammensetzt (vergl. den Holzschnitt auf p. 65 und Fig. 1 auf Taf. VIII).

2. Die fünf dorsalen Hauptnervenstämme und ihr Verlauf in den Armen.

Die fünf Hauptnervenstämme sind wie bei ihrem Ursprung so im ganzen Verlauf solide Gebilde, welche keinerlei Höhlungen im Zentrum besitzen. Ich befinde mich in dieser Anschauung in Übereinstimmung mit W. B. und P. H. Carpenter, sowie mit Ludwig. Sobald man gutes Material vor sich hat, scheint es mir ganz unmöglich zu sein, zu einer gegenteiligen Meinung zu gelangen. Man fertige noch so viele Querschnitte und Längsschnitte durch diese Nervenstämme an, immer muß man erkennen, daß nur Nervenfasern und Ganglienzellen sie zusammensetzen, aber kein Hohlraum oder etwa eine in ihm geronnene Flüssigkeit sich findet. Wenn man freilich die Abbildung betrachtet, welche Vogt und Yung [1]) geben, so ist es für Jeden, der nur einmal diese Nerven auf guten Präparaten gesehen hat, sofort klar, daß vollständig mazeriertes, also unbrauchbares Material diesen Forschern vorgelegen haben muß. So sieht eben niemals ein Nerv aus. Was bei ihnen als granulierte Substanz beschrieben wird, — sie geben ein Querschnittsbild — ist nichts anderes als die quer durchschnittene Nervenfibrillenmasse, wie man sich auf Längsschnitten und vor allem Zerzupfungspräparaten überzeugen kann. Es ist ziemlich leicht die Nervenstämme kurz nach ihrem Austritt aus dem Zentralorgan aus dem Knopf herauszupräparieren und nach-

1) Vogt und Yung, Lehrb. d. prakt. vergl. Anatomie. Lieferg. 9. 1886.

träglich in Drittelalkohol oder anderen Flüssigkeiten und Glycerin zu untersuchen. Ein solches Präparat ist in Fig. 6 auf Taf. IX wiedergegeben.

Die Angaben von Perrier sind, da Abbildungen bisher fehlen, und dieselben nur als vorläufige Mitteilungen zu betrachten sind, nicht zu kontrollieren. Ich erwähne deshalb nur, daß derselbe ebenfalls wie Vogt die Nervenstämme als hohle Röhren auffaßt.

Verfolgen wir die fünf Hauptnervenstämme in ihrem Verlaufe durch das erste und zweite Radiale weiter! Ein Querschnitt durch einen Nervenstamm zeigt, daß derselbe annähernd kreisförmig ist. Peripher wird die Nervenfibrillenmasse von den grossen meist multipolaren Ganglienzellen überkleidet, während solche Zellen in der zentralen Masse ebenfalls auftreten, ohne daß sich eine Gesetzmäßigkeit für ihre Lagerung feststellen ließe. Die kleinen, meist bipolaren Zellen sind ebenfalls und zwar gleichmäßig verteilt vorhanden. Fig. 11 auf Taf. VII ist einem Längsschnitt durch einen Hauptnervenstamm entnommen. Kurz nach dem Eintritt in das dritte Radiale beginnt sich der Hauptnervenstamm in die zwei Armnervenstämme gabelförmig zu teilen. Kurz nach dieser Teilung findet ein Austausch der Nervenfasern statt, hier liegt das Chiasma nervorum brachialium und die bogenförmige Kommissur, wie ich beide Bildungen nenne. Beide sind schon den älteren Beobachtern bekannt und später von Ludwig u. a. geschildert worden. Eine genaue Abbildung existiert noch nicht und so dürfte die in Fig. 2 auf Taf. IX gegebene nicht unwillkommen sein. Dieselbe ist einem tangentialen Längsschnitte durch das dritte Radiale entnommen worden. Vergleicht man den Holzschnitt auf Seite 65, so wird man über die Lagerung dieser Bildungen sofort orientiert sein.

Kurz nach der dichotomischen Teilung des Hauptstammes geht aus jedem Teilungsast ein Zweig von Nervenfibrillen unter spitzem Winkel ab zum entgegengesetzten. Beide lagern übereinander und treffen sich gerade in der Mitte unter fast rechtem Winkel. Die Fasern vermischen sich unterwegs nicht miteinander. Da nun, wo sie in die beiden Teilungsäste wieder eintreten, in Fig. 2 auf Taf. IX mit *c* bezeichnet, liegt die bogenförmige Kommissur, welche aus parallelen Nervenfasern gebildet wird, welche die beiden Teilungsäste verbinden, bevor sie weiter divergierend in die Arme eintreten. Der Verlauf der Nervenfibrillen ist aus der Figur zu erkennen. Große multipolare Ganglienzellen liegen besonders da, wo die Kommissur endet, während im Chiasma

wenige auffallen. Im Übrigen ist der Bau der gleiche wie an anderen Stellen der Nervenstämme. Beträgt der Durchmesser des Hauptnervenstammes bei Anted. rosac. 0,2 mm, der der Teilungsäste (Armnerven) 0,1 mm, so messen die das Chiasma bildenden Stränge nur 0,02 mm.

Der Nervenast verläuft nun in der Dorsalseite des Armes. Aus Fig. 2 auf Taf. XII ist die Lage desselben zu erkennen. Es verläuft der Armnerv bis zur Spitze des Arms sich allmählich verjüngend.

Während seines Verlaufes giebt er seitlich Äste ab, welche teils zu den Muskeln und dem Epithel, teils zu den Pinnulae ziehen. Der Entdecker derselben ist W. B. Carpenter. Er sah wie paarige Äste zwischen je zwei Kalkgliedern austreten. Die genauen Angaben verdanken wir aber erst P. H. Carpenter. Seine Untersuchungen beziehen sich auf Actinometra (armata und nigra). Er fand, daß die Armnerven im Zentrum eines Kalkgliedes — sowohl in den Armen wie in den Pinnulis — anschwellen und an dieser Stelle vier Zweige austreten. Da ich nur die Beobachtungen Carpenter's bestätigen kann, so verweise ich auf das Querschnittsbild durch einen Armnerven, Fig. 13 auf Taf. VIII. An vier Stellen, welche sich gegenüberliegen, gehen Nervenzüge ab, welche sich aus feinsten Fibrillen, welche oft weit aus dem Inneren der Nervenfibrillenmasse des Armnerven ausgehen, zusammensetzen. Multipolare Ganglienzellen, wie ich oben[2]) beschrieben habe, lagern zwischen den Fasern, wenn auch nicht in allzugroßer Anzahl.

Diese vier Nervenzüge sind nach Färbung mit neutraler ammoniakalischer Karminlösung sehr schön wahrzunehmen, da sie sich deutlich von der sie umhüllenden Bindesubstanz absetzen. Was den feineren Bau des dorsalen Armnerven selbst noch anlangt, so sei betont, daß dorsalwärts die großen mit Körnchen versehenen Wanderzellen angehäuft liegen, welche eine periphere Decke des Nerven bilden. Oft erhält man Bilder, auf welchen es aussieht, als ob der Nervenstamm durch eine Scheidewand getrennt sei in zwei Hälften. Diese Bildungen sind auf die Lagerungen von Ganglienzellen zurückzuführen. Die Deutung, welche Vogt und

1) W. B. Carpenter, On the Structure, Physiology and Development of Antedon rosaceus, in: Proc. Soc. Roy., 1876.

2) P. H. Carpenter, Remarks on the Anatomy of the Arms of the Crinoids, in: Journ. of Anat. and Phys., V. 10, 1876, Part. 2. V. 11, 1876.

Yung ihnen geben, indem sie paarige Gefäße im Zentrum des Nervenastes vermuten, habe ich bereits oben berührt, da ich mit Carpenter und Marshall der Meinung bin, daß die Nerven solid sind, wie ein genaues Bild (Fig. 13) auch aufs unwiderleglichste zeigt. Die vier Nervenzüge nehmen nun folgenden Weg. Die zwei ventralen ziehen bis zur Muskulatur, Äste abgebend, welche teils an das Epithel herantreten, während die dorsalen sich dendritisch verzweigen und sich ebenfalls bis zum Epithel verfolgen lassen. Weiter zweigen sich starke Nervenäste zu den Pinnulae ab, um in gleicher Weise, in derselben Lagerung wie in den Armen zu verlaufen. An dem Nervenast jeder Pinnula lassen sich mit gleicher Regelmäßigkeit seitliche Verzweigungen konstatieren.

Wie meine Figur zeigt, sind die Bildungen der austretenden Nervenzüge bei Antedon rosacea die nämlichen wie bei Actinometra. Auch bei Ant. Eschrichti lassen sie sich leicht erkennen. In einer seiner letzten Abhandlungen hat W. B. Carpenter noch einmal seine Ansicht verteidigt und ein Diagramm durch einen Arm von Ant. rosac. gegeben, auf welchem die vier Nerven mit ihren Verzweigungen eingetragen sind, besonders ihre Verzweigungen in den Muskeln.

Fassen wir zusammen, so ergiebt sich als Resultat, daß von den Armnervenästen in bestimmten Intervallen je zwei dorsale und ventrale Nervenzüge austreten. An diesen Stellen ist der Nervenast verdickt; man kann somit eine Gliederung, eine Metamerie, entsprechend den Kalkgliedern an demselben, unterscheiden.

3. Die vom Zentralorgan des dorsalen Nervensystems ausstrahlenden Nervenäste der Cirrhen.

In Fig. 2 auf Taf. VII zeigt der Längsschnitt durch das Zentralorgan die vom gekammerten Organ austretenden Gefäße, welche die Cirrhen durchziehen. Jedes dieser Gefäße wird nach seinem Durchtritte durch die Nervenfibrillenmasse von einer Schicht Nervenfibrillen umhüllt, welche einen allseitig starken Mantel um das Gefäß bilden und eine größere Dicke besitzen als der Durchmesser des Gefäßes hat. Einen Querschnitt durch ein Cirrhusgefäß habe ich in Fig. 9 auf Taf. VIII gegeben. Man sieht die Ganglienzellen, meist multipolare, welche peripher lagern oder zwischen den Fasern auftreten. Sie sind in bestimmte Gruppen

1) W. B. Carpenter, On the Nervous system of the Crinoidea, in: Proc. of the Roy. Soc., No. 232, 1884.

gesondert. Von dem Cirrhusnerven gehen in derselben Weise, wie es oben beim Armnervenast geschildert wurde, an vier diametral gegenüberliegenden Ecken Nervenzüge ab, welche teils die eigenartige Muskulatur der Cirrhen, teils die Haut innervieren.

Daß in den Cirrhusnerven Gefäße verlaufen, ist lange bekannt. Teuscher [1]) hat dieselben gesehen und nach ihm hat sie Ludwig [2]) geschildert, ohne freilich die Deutung der peripheren Fasermasse als Nervenfasern zu geben. Wie es sich mit der zentralen Scheidewand verhält, welche den Hohlraum der Gefäße durchzieht, habe ich bei der Besprechung des gekammerten Organes ausgeführt.

4. Das ventrale (orale) Nervensystem und sein Zentralorgan, der mesodermale pentagonale Schlundring.

Einen Mund-Nervenring hat zum ersten Male Jickeli [3]) in einer vorläufigen Mitteilung beschrieben, und zwar als „drittes Nervensystem". Sein Vorkommen bestreiten Vogt und Yung [4]).

Ich kann die Angabe Jickeli's bestätigen und weiterführen.

Es lagert als Zentralorgan der Nerven in der Ventralseite um den Mund ein pentagonaler Nervenring. Auf Vertikalschnitten durch die Mundöffnung bringt man denselben leicht zur Anschauung. In Fig. 2 auf Taf. VIII ist ein Teil eines Längsschnittes durch die Mundöffnung wiedergegeben. Mit *T* ist der der Länge nach durchschnittene Mundtentakel bezeichnet. Der Nervenring liegt in der Cutis, der Bindesubstanz, er ist in der Figur durchquert und mit *NR* gekennzeichnet. Horizontalschnitte durch die Mundscheibe lassen seine Lagerung und vor allem die Abzweigung von Nervenfaserbündeln weiter erkennen. Fig. 7 auf Taf. IX zeigt einen Horizontalschnitt, welcher in der Höhe des Wassergefäßringes geführt ist. Auf einem solchen Schnitt wird man, da der Nervenring mit dem Wassergefäß-Ringkanal in einer Höhe liegt, diesen wenigstens teilweise antreffen. In Fig. 7 ist der pentagonale Nervenring vollständig eingezeichnet, indem die Bilder von mehreren aufeinander folgenden Schnitten kombiniert wurden.

---

1) Teuscher, Beiträge zur Anatomie der Echinodermen. Comatula mediterranea, in: Jen. Zeitschr. f. Naturw., Bd. 10, 1876.

2) Ludwig, Beitr. z. Anat. d. Crinoiden, in: Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 28, 1877.

3) Jickeli, Vorläufige Mitteilungen über den Bau der Echinodermen, in: Zoolog. Anz., 7. Jahrg., 1884.

4) a. o. O.

Der Nervenring zeigt auf dem Querschnitt gesehen (Fig. 3 auf Taf. VIII) eine ovale Gestalt. Peripher, sowie zwischen seinen Fasern liegen bi-, sowie multipolare große Ganglienzellen, welche denen im Zentral-Nervensystem vorkommenden gleichen. Der Höhendurchmesser des Nervenringes beträgt ungefähr 0,03 mm.

Die Zahl der vom Nervenring abgehenden Nervenzüge ist eine sehr große. Zunächst lassen sich zentralwärts Äste verfolgen, welche in die Tentakel eintreten (Fig. 2 auf Taf. VIII) und weiter je zwei Nervenzüge, welche neben den fünf vom Wassergefäßring abgehenden Wassergefäßen verlaufen (Fig. 7 auf Taf. IX). Weiter treten Nervenzüge, ich habe meist zwei wahrgenommen, zwischen je zwei Wassergefäßen aus, um sich in der Haut nach allen Seiten zu verzweigen. Ein solcher Nervenzug ist in Fig. 2, Taf. VIII wiedergegeben. Von diesen Nervenzügen treten starke Äste ab, um in dem Bindegewebe der die Leibeshöhle durchziehenden Mesenterien und Bänder zu verlaufen (vergl. dieselbe Figur). Man trifft diese Nervenzüge allerwärts in der Leibeshöhle an, so in der Nähe des drüsigen Organes u. s. w.

Verfolgen wir einen der zwischen zwei Wassergefäßen verlaufenden Nervenäste weiter, so sieht man, wie derselbe sich bald teilt und nach den verschiedensten Seiten in der Bindesubstanz sich verzweigt. Diese Verzweigungen treten von der Ventralfläche auf die Arme über, da, wo diese bereits mit der Scheibe verschmelzen. Ein Vertikalschnitt durch die Seitenfläche eines Armes im dritten Brachiale giebt Fig. 4 auf Taf. VIII bei schwacher Vergrößerung wieder. Es sind fünf Wimperröhren der Länge nach getroffen. Ihre zentralen Mündungen öffnen sich in Teile der Leibeshöhle. Rechtwinklig nun zu diesen Röhren verläuft in der Bindesubstanz ein Nervenast, welcher hier und da feinere Äste abgiebt. Von diesem Nervenast, welcher, wie ich angab, mit dem Schlundnervenring in Verbindung steht, treten Nervenfibrillenbündel zu dem Epithel der Wimperröhren, welche sich deutlich erkennen lassen. Fig. 5 auf Taf. VIII zeigt diese Verhältnisse bei stärkerer Vergrößerung. In dem Nervenzug lassen sich große bi- wie multipolare Ganglienzellen erkennen, welche zumeist eine periphere Lagerung haben. In Fig. 6 auf Taf. VIII ist ein Längsschnitt durch einen Hautnerven aus der Ventralseite abgebildet, welcher die gleichen Zellen zeigt. Alle diese Nerven sind solid, nicht Gefäßnerven. Als solche sind allein, wie schon gesagt, die Cirrhennervenzüge zu betrachten.

Ein deutliches Neurilemm habe ich mit Sicherheit an keinem dieser Fibrillenbündel nachweisen können. Man könnte aber die rings um den Armnervenstamm gelegene Bindesubstanzlage, in welcher teilweise Wanderzellen in großer Menge liegen, als solches auffassen, da diese unverkalkt bleibt. Die zu der Haut ziehenden Nervenzüge scheinen aber niemals eine Hülle zu besitzen, wenigstens habe ich mich nicht davon überzeugen können, daß die nach langer 10 und mehrtägiger Entkalkung streckenweise zur Ansicht kommende helle Membran um die stärkeren Nervenzüge nicht ein Kunstprodukt sei.

5. Die Verzweigungen des ventralen (oralen) Nervensystems in den Armen und den Pinnulae.

Die Resultate über diese Verzweigungen des ventralen Nervensystems in den Armen, welche ich im folgenden wiedergebe, können nur an Quer- und Längsschnittserien gefunden werden. Die stets mit Chromsäure $^1/_3$ % entkalkten Scheiben und Arme lassen sich nach genügendem Auswaschen und Färbung mit Ehrlich's saurer Hämatoxylinlösung besser von den umgebenden Geweben unterscheiden als mit einem anderen Färbemittel. Die Nervenfaserzüge treten dann als dunkelblau bis grau gefärbte Stränge hervor.

Ich schilderte oben, wie vom pentagonalen Schlundring Nervenzüge austreten, welche die Wassergefäße rechts und links begleiten. Diese fünf Nervenpaare gabeln sich und treten in die zehn Arme in der Weise ein, daß je ein Paar in der ventralen Wandung verläuft in der Höhe des Wassergefäßes, welches jeden Arm durchzieht. Die Lage dieser Nervenzüge zeigt ein Querschnitt durch einen Arm. Fig. 1 auf Taf. IX giebt die ventrale Hälfte eines Armes wieder. *RW* bezeichnet das durchgequerte Wassergefäß, während NL^1 und NL^2 die beiden Nervenzüge vorstellen. Ihr Durchmesser beträgt etwa 0,02 mm; bleibt also bedeutend hinter dem der dorsalen Nervenstämme zurück. Von diesen beiden Nervenzügen gehen eine Anzahl von feineren Ästen ab.

Die beiden ventralen Nervenzüge geben eine Reihe Nerven ab, nämlich erstens Nervenzüge, welche zur Muskulatur des Wassergefäßes und seiner Verzweigungen in die Tentakel *T* ziehen und je einen Nervenzug, welcher in der Bindesubstanz des Tentakels bis zur Spitze zieht. Fig. 3, Taf. X zeigt diese Verhältnisse. Die einzelnen Nervenzüge sind leicht zu erkennen. In

Fig. 4 ist ein Teil eines Querschnittes stärker vergrößert. Vom durchquerten Nervenast gehen folgende Nervenzüge ab. Einer nach der Dorsalseite, einer zum Wassergefäß *N.w.* und einer zum Tentakel. An letzterem lassen sich seitliche Verzweigungen erkennen. Der Bau aller dieser Nerven ist übereinstimmend. Es sind Fibrillenbündel, welchen Ganglienzellen — dies gilt besonders von den beiden Längsnerven — peripher auflagern.

Es läßt sich nun genau feststellen, daß von den in die Tentakel eintretenden Nervenzügen die Sinnespapillen innerviert werden, und daß die von dem epithelialen Nervenplexus sich abzweigenden Nervenfibrillen von nur nebensächlicher Bedeutung sind.

In gleicher Weise treten zu den Sinnespapillen auf den Pinnulae Nervenzüge, welche zu dem gleichen ventralen Nervensystem gehören. Man trifft in den Pinnulae auf der ventralen Seite je einen Nervenzug rechts und links vom Wassergefäß, welche Nerven sowohl dorsal- wie ventralwärts abgeben.

Es fragt sich nun: besteht ein Zusammenhang zwischen dem von mir als dorsales (abosales) Nervensystem und dem als ventrales (orales) ihm gegenübergestellten mesodermalen Nervensystem? Diese Frage ist zu bejahen.

Beide Nervensysteme besitzen ihr eigenes Zentralorgan, das erstere in der das sog. gekammerte Organ umhüllenden Nervenmasse, das orale in dem pentagonalen Schlundring, ihre peripheren Verzweigungen sind untereinander in Verbindung.

Die dorsalen Nervenstämme der Arme entsenden in regelmäßigen Abständen bald auf der einen, bald auf der anderen Seite je einen Nervenzug zu den ventralen seitlich vom radiären Wassergefäß gelegenen beiden Nerven, und zwar alternierend zu dem einen und anderen. Ein Längsschnitt durch einen Arm, auf welchem der zu der Pinnula ziehende auf der ventralen Seite vom dorsalen Nervenstamm austretende Nerv in seinem Verlaufe getroffen ist, gelingt es auch einen solchen Verbindungsast zu erkennen. Sehen wir auf der einen Seite zur Pinnula den Nerv ziehen (Fig. 2, Taf. XI), so ist auf der anderen der mit *N V* bezeichnete Nerv (Fig. 1, Taf. IX) dargestellt, wie er aus dem dorsalen Nervenstamm entsprungen in gerader Linie die Bindesubstanz durchsetzt, bis an das Körperepithel herantritt, hier weiter verläuft, sich mit dem in der Figur durchquerten einen Längsnerven in Verbindung zu setzen.

Da nun die Pinnulaenerven entsprechend der Stellung der Pinnulae alternierend bald auf der einen, bald auf der anderen Seite, bald rechts bald links liegen, so ist die Lagerung unserer Verbindungsnerven damit auch gegeben. Bei Anted. rosac. beträgt ihre Stärke 0,82 mm.

Bezieht sich die soeben gegebene Beschreibung auf Antedon rosacea, so sind die Verhältnisse bei Actinometra und den festsitzenden Formen ganz die gleichen. Leider ist das Material, nachdem es Wochenlang entkalkt werden mußte, nicht in dem Zustande erhalten, welcher eine genaue Darstellung erlaubt.

6. Antedon Eschrichtii.

Die Erwartung, daß die größeren Arten wie Anted. Eschrichti das ventrale Nervensystem der Arme noch deutlicher zeigen würden als Ant. rosac. erfüllte sich leider nicht. Sowohl die paarigen Längsnervenzüge als die Seitenzweige, welche in die Pinnulae abgehen, sind sehr gering entwickelt.

Auf Querschnitten durch den Arm sind die beiden Längsnerven oft schwer aufzufinden, da sie ihres geringen Durchmessers wegen — sie messen 0,02 mm — sich bei gewöhnlicher Färbung mit Carmin wenig von der sie umgebenden Bindesubstanz abheben. Sucht man sich aber solche Querschnitte aus, auf denen zugleich der Austritt von Nervenzügen zu den Tentakeln zu sehen ist, so erkennt man leicht die Lage und die querdurchschnittene Masse des Längsnerven, wie Fig. 1 auf Taf. X wiedergiebt. Die Einlagerung der Sacculi sind besonders bei dieser Art sehr störend und können den Längsnerven fast unkenntlich machen, indem sie durch ihr Wachstum seine Lagerung beinträchtigen. Immerhin läßt er sich durch Behandlung der Schnitte (nach dem Aufkleben auf den Objektträger) mit Osmiumsäure noch recht deutlich machen. Die Nervenzüge, welche in die Tentakel eintreten sind höchstens 0,01 mm stark und geben während ihres Verlaufes seitlich feine Zweige ab.

In Fig. 1 auf Taf. X ist ein Längsschnitt durch einen Tentakel abgebildet. Das Epithel auf der inneren, der Ambulacralrinne zugewendeten Seite des Tentakels ist stark verdickt und gleicht dem in der Rinne. Es hat eine Höhe von 0,08 mm, seine Zellen sind Epithelsinneszellen mit Stützzellen untermischt. Fig. 5 giebt einen Teil dieses Epithels stärker vergrößert wieder. Vom Ambulacralnerven tritt ein Nervenast in den Tentakel ein, in Fig. 1 mit *nf* bezeichnet, und läßt sich bis fast zur Spitze ver-

folgen. Das innere Epithel wird demnach mit samt seinen Papillen innerviert von einem Seitenzweig des Ambulacralnerven, welche bei dieser Art stark entwickelt ist.

Das Epithel auf der Außenseite des Tentakels hingegen wird von einem Seitenzweig des ventralen Längsnerven versorgt, welcher in Fig. 1 dargestellt ist, und bis zur Spitze, wo er endet, zu verfolgen ist (*NT.*).

Der dorsale Nervenstamm und seine Verzweigungen.

Da ich bei dieser Form eine Gliederung auffand, wie ich sie bei Ant. rosac. nicht fand, so erwähne ich zugleich seine Verzweigungen näher.

In regelmäßigen Abständen liegt auf der ventralen (oralen) Seite des Nervenstammes ein Ganglion auf, welches aus einer Anzahl von unipolaren Zellen sich zusammensetzt, wie es Fig. 7 auf Taf. X wiedergiebt. Fig. 9 zeigt den kugligen Leib der Ganglienzellen, welche 0,01—0,02 mm groß sind, ein heller blasiger Kern zeigt ein Kernkörperchen, während ein starker Fortsatz senkrecht in die Nervenmasse hineinzieht um pinselförmig auszustrahlen. Diese Ganglien liegen im Bereich der zwischen zwei Armgliedern gelegenen Muskeln.

Weiter fällt nun auf Querschnitten durch die dorsalen Nervenstämme ein komplizierter Faserverlauf auf, welchen ich, so gut es nach meinem Material geht, schildern will. Es handelt sich um einen Austausch der dorsal und ventral austretenden Nervenzüge. Die einzelnen austretenden Nerven lassen sich teilweise weit in das Innere der Nervenmasse, deren Fibrillen größtenteils längs verlaufen, verfolgen, indem sie hier durch Kommissuren miteinander verbunden werden. Während bei Ant. rosac. an vier diametral gegenüberliegenden Stellen Nervenzüge austreten, sehen wir bei dieser Art wie auf der Dorsalfläche solche entspringen können (Fig. 8, Taf. X) und wie auch auf den Seiten zwischen dem dorsalen und ventralen aus den Ecken hervortretenden Nerven besondere Züge ihren Ursprung nehmen können, wie Fig 7 zeigt. Dabei stehen alle diese Züge in Verbindung untereinander, indem sie aus dem Zentrum des Nervenstammes entspringen.

Ein oder hier und da zwei auf dem Querschnitt kreisförmige Gebilde (in Fig. 7 mit *qunf* bezeichnet) liegen im Zentrum und stellen querdurchschnittene Fibrillenbündel dar, welche wohl zu den genannten querverlaufenden Zügen in Verbindung stehen.

Die Ganglienzellen, welche teilweise zentralwärts (Fig. 8, Taf. X) angehäuft sein können, sind meist multipolar; unipolare Zellen liegen also nur peripher.

Im Übrigen ist die Zusammensetzung dieser dorsalen Nervenstämme die gleiche wie die der ventralen. Es sind die feinsten nicht untereinander kommunizierenden, sondern meist parallel verlaufenden auf dem Querschnitt punktförmigen Nervenfibrillen, während die von ihnen sich abzweigenden Äste Bündel von Fibrillen darstellen.

Bei dieser Art gelang es mir weiter die Verzweigungen der an den Seiten austretenden Nervenzüge genauer zu verfolgen.

Fig. 2 auf Taf. X giebt das Verhalten derselben wieder. Die Figur ist unter Kombinierung von vier aufeinanderfolgenden Schnitten konstruiert. Die auf der Dorsalseite austretenden Nervenzüge *hn*[1] und *hn*[2] teilen sich kurz nach ihrem Ursprung dichotomisch, und jeder der so entstandenen Äste thut dies von neuem. So erhält man zuletzt das Aussehen eines weitverzweigten Baumes, dessen Stamm der unpaare Nervenzug vorstellt. Dabei nehmen die einzelnen Nervenzüge, je näher sie der Epidermis kommen, mehr und mehr an Stärke ab, können auch miteinander in Verbindung treten, um zuletzt als Bündel, welche von wenigen Nervenfibrillen gebildet werden, zum Körperepithel zu treten.

Die beiden ventralen Nervenäste verzweigen sich in ganz derselben Weise. Auch sie ziehen nach mannigfachen Verästelungen in der Bindesubstanz zur Haut bis auf einen Ast — in Fig. 2 mit *N. musc.*[1] und *N. musc.*[2] gekennzeichnet — welcher zu den beiden Muskelmassen zieht, die zwischen je zwei Armgliedern ausgespannt sind. Diese beiden Äste strahlen pinselförmig in einzelne Nervenfibrillenbündel aus, um in die Muskulatur einzutreten, von welcher jederseits ein Teil dargestellt ist.

Auch bei unserer Art sah ich die unpaaren Verbindungsnerven zwischen dem dorsalen Nervenstamm in den Armen und den paarigen ventralen Längsnerven, von welchen je einer seitlich von dem Wassergefäß verläuft. Diese Verbindungsnerven verlaufen ungeteilt in beinahe gerader Richtung zum ventralen Längsnerven ziehend. Ihre Zusammensetzung ist die der übrigen Nervenzüge: parallele unverzweigte Fibrillen, denen Ganglienzellen die wie multipolare teils peripher auflagern, oder mehr zentral liegen.

Die Pinnulaenerven, welche vom dorsalen Nervenstamm austreten, näher zu beschreiben, ist unnötig, da ihr Verhalten mit dem von Ant. rosac. geschilderten übereinstimmt.

7. Der epitheliale Nervenplexus.

a) Die Ambulacralnerven der Tentakelrinnen. (Antedon rosacea.)

Dies ist die von Ludwig allein als nervös angesehene Fasermasse, welche nach seiner Darstellung wie der aller Nachfolger subepithelial gelagert sein soll. Nach seiner Darstellung bildet dieser sog. subepitheliale Plexus einen pentagonalen Schlundring, welcher unterhalb des Schlundepithels liegt und aus Nervenzügen, welche von ihm aus in den Ambulacralfurchen verlaufen. Demnach entspräche dieser Nervenplexus dem epithelialen Nervenring mit den Ambulacralnerven eines Seesternes, und weiter eines Seeigels und einer Holothurie.

Auf einem Querschnitt durch einen Arm treffen wir den Ambulacralnervenzug der Quere nach durchschnitten. In Fig. 10 auf Taf. IX ist das Epithel der Ambulacralrinne mit *ep* bezeichnet, die Nervenmasse mit *nf*. Unterhalb derselben liegt der Schizocoelraum und weiter das Wassergefäß.

Die Nervenfasern verlaufen nun keineswegs — wie alle Autoren annehmen — subepithelial, sondern epithelial[1]). Zwischen Fortsätzen eines Teiles der Epithelzellen, und zwar rechtwinklig zu denselben, ziehen die Nervenfibrillen ganz in der Weise, wie ich es bei Seesternen geschildert habe.

Hat man es hier überhaupt mit Nervenfibrillen zu thun? Halb und halb ist dies von Jickeli[2]) in Frage gestellt worden, zumal bis zu diesem Autor eine histologische Untersuchung, wie er selbst sagt, noch unterblieben war.

Was mich nun in der Ansicht, daß diese Fasern Nervenfibrillen sind, bestärkt, ist vor allem ihr Aussehen und ihr Verhalten gegenüber Reagentien. Sie unterscheiden sich in nichts von den feinen, kaum meßbaren Fibrillen des dorsalen wie ventralen mesodermalen Nervensystems, während sie von den Bindegewebselementen durch ihr stärkeres Lichtbrechungsvermögen sofort zu unterscheiden sind. Dann nehmen sie mit Farbstoffen behandelt die gleiche Färbung an wie die übrigen sich im Körper findenden Nervenfibrillen. Ihr Bau ist ganz der gleiche, sie erscheinen auf dem Querschnitt punktförmig wie die letzteren.

---

1) Hamann, Vorl. Mitteilungen z. Morpholog. d. Crinoiden, in: Nachr. d. K. Ges. d. Wissensch., No. 5, 1888.

2) Jickeli a. o. O.

Zwischen ihnen trifft man multipolare und bipolare Zellen, deren Zellsubstanz oft kaum wahrnehmbar ist.

Weiter ist ihr Verhalten, ihre Verzweigung auf den Tentakeln und ihre Endigung in den Sinnespapillen dazu angethan, den letzten Zweifel an ihrer nervösen Natur zu benehmen.

Untersuchen wir nun das Epithel nebst dieser Fibrillenmasse etwas näher und sehen wir zu, wie sich die Angaben der früheren Forscher mit den meinigen vereinigen lassen.

Ludwig [1]) beschreibt, wie die Fibrillen dieser Nervenschicht in der Längsrichtung des Armes und der Pinnulae verlaufen und wie zwischen ihnen „winzige Zellen“ oder „vielleicht auch nur die Kerne von Zellen“ liegen. Er läßt weiter diese Nervenmasse von zahlreichen, ungleich dicken, feinen Strängen durchsetzt sein, welche in vertikaler Richtung ihn durchsetzen. So bekommt man Bilder, auf denen es aussieht, als ob die Nervenmasse in Bündel geteilt wäre. Diese Stränge sollen nach Ludwig sich oberhalb der Nervenmasse so zur Bildung einer dünnen Lamelle vereinigen, daß ein vollständiger Abschluß vom Epithel dadurch entsteht. Bei Ant. rosac. hingegen fand er diese Lamelle nicht und meint, daß vielmehr die Stränge direkt an das Epithel herantreten und sich in Verbindung zu setzen schienen mit einer oder mehreren der lang ausgezogenen Zellen des Letzteren. „Bei Antedon rosac. ist mir die Existenz jener Lamelle überhaupt zweifelhaft geblieben. Bei diesem Stande meiner eigenen Beobachtungen — so fährt der Autor fort — war es mir sehr erwünscht, durch P. H. Carpenter's [2]) Untersuchungen an Ant. Eschr. und Actinometra armata eine Bestätigung meiner vorläufigen Angaben von dem Bau der Nerven und insbesondere von dem Vorhandensein jener ihn vom Epithel trennenden dünnen Lamelle zu erhalten“. Die gleiche Ansicht vertritt Carpenter, sowie W. B. Carpenter noch heute.

Dem gegenüber muß ich nun erklären, nachdem ich bei den genannten Arten diese Angaben aufs genaueste geprüft habe, daß die Lamelle eine optische Täuschung ist. Sie existiert nicht und mag man dann, wenn die Nervenmasse geschrumpft ist, auf Schnitten Bilder bekommen, die eine solche vortäuschen.

Ich habe Querschnitte in Glycerin untersucht, sowie Klopf-

1) Ludwig, Crinoiden, Morph. Stud., Bd. 1, pag. 9.

2) P. H. Carpenter, Remarks on the Anatomy of the Arms of Crinoids, in: Journ. of Anat. and Phys., V. 10, 1876, sowie Challenger-Crinoiden, P. 1.

präparate hergestellt und niemals eine solche Lamelle wahrgenommen.

Das Wimperepithel, welches die Ambulacral- oder Tentakelfurchen besetzt, besteht vielmehr aus zwei Zellarten, die schon auf Querschnitten unterschieden werden können, wenn man sie vorher sich auf Mazerationspräparaten zur Anschauung gebracht hat! Ohne solche Präparate freilich ist ein sicherer Aufschluß über diese Fragen, welche das Nervensystem betreffen, überhaupt nicht zu erwarten.

Es lassen sich Epithelsinneszellen und Stützzellen unterscheiden, wobei die ersteren die Mehrzahl bilden. Beide Zellformen tragen Wimpern, welche vermittels Fußstücke auf dem dünnen Zellleib befestigt sind. Sobald die Wimpern abgebrochen sind, erhält man Bilder, welche eine von senkrechten Porengängen durchsetzte Cuticula vortäuschen.

Die Epithelsinneszellen sind feine haarförmige Zellen. Der spindlige Zellleib, welcher einen länglich ovalen, ein Netzwerk deutlich zeigenden Kern einschließt, setzt sich nach der Oberfläche der Peripherie zu in einen bald längeren oder kürzeren feinen Fortsatz fort, auf welchem eine Cilie steht. Basalwärts setzt sich die Zelle in einen feinen Ausläufer, welcher Varikositäten zeigen kann, fort und dieser läßt sich an Mazerationspräparaten in die Nervenschicht eintretend verfolgen. Sehr oft freilich reißen die basalen Fasern ab, und es erfordert viel Geduld, um an Glycerinpräparaten sich von dem Zusammenhang der basalen Fortsätze mit der Nervenschicht zu überzeugen. Fig. 6 auf Taf. X zeigt nach einem solchen Präparat diese Zellen. Die basalen Fortsätze sind ziemlich gut erhalten geblieben.

Außer diesen Zellen sind es die das Epithel mit zusammensetzenden Zellen, welche sich durch ihren hyalinen, stark lichtbrechenden Fortsatz auszeichnen, die Stützzellen, wie ich sie analog den im Epithel eines Seesternes, Seeigels u. s. w. vorkommenden gleichen Gebilde zu nennen vorschlage. Sie besitzen jene starken Fortsätze, welche nach anderen bindegewebiger Natur sein und nicht mit Epithelzellen in Zusammenhang stehen sollten. Ihr Zellkern ist ebenfalls länglich oval und scheint sich weniger stark zu tingieren als der der Sinneszellen.

Beide Zellformen setzen auch bei Actinometra das Epithel zusammen; daran kann bei sorgfältiger Untersuchung kein Zweifel sein.

In den Ambulacralfurchen der Pinnulae wiederholt sich der-

selbe Bau, so daß es nicht nötig erscheint, auf denselben näher einzugehen.

Nach der Spitze der Arme wie der Pinnulae zu verschmälert sich das Epithel mit samt den Nerven.

Eine Bestätigung der epithelialen Lagerung der Ambulacralnerven liefert soeben Semon [1]) in seiner Entwicklungsgeschichte der Synapta, so daß ein Zweifel an derselben nicht mehr zulässig sein kann.

b) Der Verlauf der Ambulacralnerven in der Scheibe.

Die Ambulacral- oder Tentakelrinnen der Arme setzen sich auf die Scheibe fort, um in der Fünfzahl nach dem Mundrande zu laufen und hier zu einer die Mundöffnung umkreisenden Rinne zu verschmelzen. Das Epithel, welches somit die Mundöffnung umgiebt, ist eine direkte Fortsetzung des hohen Wimperepithels der Ambulacralrinnen der Arme und besteht wie dieses aus denselben Elementen. Fig. 2 auf Taf. 8 zeigt die eine Hälfte eines Längsschnittes durch die Mundöffnung. Ein Tentakel, welcher über dieselbe hervorragt, ist mit *T* bezeichnet. Aus dieser Figur geht hervor, daß sich das Epithel, welches die Mundöffnung umkreist, einmal auf den Tentakel fortsetzt, weiter aber auch direkt übergeht in das Epithel der Schlundwandung.

Was wird nun aus den fünf epithelialen Ambulacralnerven? Nach Ludwig [2]) bilden sie einen Schlundring oder Nervenring rings um die Mundöffnung. Jickeli hat dem bereits widersprochen und ich kann ihm nur beipflichten. Es kommt nicht zur Bildung eines echten Nervenringes wie etwa bei den Asteriden, sondern die Nervenfasermasse verläuft in der Weise an der Mundöffnung angekommen, daß sie ihre Richtung beibehält — also nicht einen kreisförmigen Verlauf nimmt — sondern in der bisherigen Richtung in die Darmwandung eintritt — immer epithelial gelagert — und jetzt parallel mit der Längsachse des Darmes weiterverläuft. Dabei nimmt aber die Nervenschicht zusehends an Höhe ab, um nur als sehr gering entwickelte Faserschicht sich im weiteren Verlauf des Darmes zu zeigen.

---

1) Semon, Entwicklung der Synapta, in: Jen. Ztschr., Bd. 22, 1888.

2) Ludwig, Crinoiden, pag. 46, sowie Zur Anatomie des Rhizocrinus lofotensis M. Sars, in: Morph. Stud. an Echinod., Bd. 1, pag. 101.

Somit wäre ein Nervenring nicht vorhanden und darnach die Ansichten von Ludwig, Carpenter u. a. zu korrigieren.

Eine eigene Ansicht haben Vogt und Yung aufgestellt, ohne freilich eine Begründung gegeben zu haben. Sie glauben nämlich unter anderem, daß die Nervenzüge, welche im Peristom auftreten, sämtlich vom dorsalen Nervensystem herstammen! und zählen auch die von mir wie anderen Forschern als Ambulacralnerven beschriebenen Gebilde zu den Verzweigungen des genannten Nervensystems. Das sind aber Ansichten, welche durch den ersten besten Schnitt sofort als irrige zu erkennen sind.

Das Epithel, welches die Mundöffnung umgiebt, schildere ich weiter unten im Kapitel über den Darmtraktus.

8. Die Nervenendigungen in der Haut.

a) Die Sinnespapillen auf den Tentakeln.

Auf der Oberfläche der Tentakeln stehen Papillen, welche bei verschiedenen Gattungen (Pentacrinus, Joh. Müller, Antedon, Thomson u. a.) beobachtet worden sind. Es sind in Längsreihen angeordnete Gebilde, welchen eine Contractilität nach den verschiedenen Beobachtern zukommt.

Nach W. Thomson [1]), Götte [2]) und Ludwig [3]) sind dieselben hohl. Nach Thomson stehen sie in Zusammenhang mit dem Tentakelhohlraum. Perrier [4]) trat dieser Angabe entgegen; er fand an Stelle des Hohlraums einen glänzenden Faden in der Achse der Papille, welcher bis zur Muskelschicht der Tentakelwand sich verfolgen ließ. Die Deutung dieser Organe ist eine sehr verschiedene gewesen. Ludwig glaubt in ihnen drüsenähnliche Gebilde zu erkennen, während die übrigen Forscher, Perrier, Götte und Möbius [5]), denen sich Jickeli [6]) und Vogt [7]) und Yung angeschlossen haben, sie als Sinnesorgane betrachteten.

1) W. Thomson, On the embryogeny of Antedon rosacea, in: Phil. Trans. Bd. 155, 1865.

2) Götte, Vergl. Entwickelungsgeschichte der Comatula mediterranea, in: Arch. f. mikr. Anat. Bd. 12, 1876.

3) Ludwig, Crinoiden, in: Morpholog. Stud. an Echinod. Bd 1, 1877.

4) Perrier, Recherches sur l'anatomie et la régénération des bras de la Comatula rosacea, in: Arch. d. zool. expér. Bd. 2, 1873.

5) Möbius, in: Jahresbericht der Kommission zur wissenschaftl. Untersuchung der deutschen Meere. 4. Echinodermen.

6) Jickeli, Vorläufige Mitteilungen über den Bau der Echinodermen, in: Zool. Anz., Jahrg. 7, 1884.

7) Vogt und Yung, Lehrb. d. prakt. vergl. Anatomie. 1886.

Jickeli ist es gewesen, welcher die erste genaue Untersuchung dieser Organe in einer leider nur vorläufigen Mitteilung gegeben hat. Seine Angaben erstrecken sich auf die Beobachtung hauptsächlich des lebenden Tieres.

In Fig. 14 und Fig. 15 auf Taf. X gebe ich zwei Figuren dieser Papillen, welche Schnittpräparaten durch die Arme entnommen sind. Jede Papille zerfällt in einen basalen Teil und einen freien, weit über die Peripherie des Tentakels hervorragenden Abschnitt. Wie Jickeli bereits gezeigt hat, setzt sich das Organ aus langen Zellen zusammen, deren Kerne in dem basalen Teil liegen. Eine Anzahl von stark haarförmigen Zellen sind mit einander verklebt und stehen mit ihren Basen, welche die Kerne tragen, in der Epithelschicht. Am freien Ende dieser Zellen sitzen starre Borsten in der Vier- oder Mehrzahl auf, welche unbeweglich sind. Nach Jickeli steht zwischen diesen Borsten in der Mitte eine langsam schwingende Geissel. Diese soll sich zwischen den Zellen in Gestalt einer glänzenden Faser fortsetzen, welche nichts anderes als das Perrier'sche Filament ist.

Es fragt sich nun, ob Nervenfibrillen zu diesen Organen hinzutreten. Es ist unendlich schwer, sich darüber Gewißheit zu verschaffen. Auf feinen Querschnitten habe ich mich aber überzeugt, daß an der Basis der Zellen eine feinkörnige Masse vorhanden ist, welche die quer durchschnittenen Nervenfibrillen vorstellen möchte, zumal an Längsschnitten dieselbe ebenfalls beobachtet werden konnte. Wenn man bedenkt, daß diese Nerven nur auf Schnitten untersucht werden können, welche einer langwierigen Entkalkung vorher ausgesetzt waren, so wird man mit solchen Resultaten sich zufrieden stellen müssen.

Isolierte Zellen dieser Papillen sind in Fig. 19, Taf. XII wiedergegeben. Die Zellsubstanz nimmt keinen Farbstoff auf, nur der Kern tritt tief gefärbt hervor. Stellenweis, so um den Zellkern, ließ sich eine feine Granulierung erkennen. Die Zellen, welche ich isolierte, enden meist abgestumpft und breit. Oft hat er das Aussehen, als ob sich die Basis in feine Fibrillen fortsetze.

b) Die Nervenendigungen in der Haut der Arme.

Verfolgt man die einzelnen Nervenzüge, welche vom dorsalen Nervensystem abstammen, in ihrem Verlauf innerhalb der zumeist verkalkten Bindesubstanz, so sieht man, wie sie durch immer neue Verzweigungen an Umfang abnehmend bis zum Epithel herantreten.

In Fig. 10 auf Taf. X ist ein Schnitt durch die Körperhaut, das Epithel und die entkalkte Cutis abgebildet. Die Epithelzellen haben eine cylindrische Gestalt, an anderen Stellen sind sie jedoch abgeplattet. An einzelnen Stellen der Epidermis sieht man sie dichter stehen, und sind die Kerne zahlreicher vorhanden. In diesen treten Nervenzüge heran, welche aus einem Bündel Nervenfibrillen, nur 0,01 mm und darunter stark, bestehen. Die Zellen verschmälern sich nach ihrer Basis zu und setzen sich in feinste Fasern fort, welche mit den Nervenfibrillen in Zusammenhang stehen. Da die Gewebe längeres Entkalken in $^1/_2\,^0/_0$ Chromsäure (bei Ant. Eschrichti mehrere Wochen) durchgemacht haben, so sind die Einzelheiten nicht so deutlich wahrzunehmen, als dies sonst wohl der Fall sein würde. Besonders sind die Zellgrenzen der Epithelzellen sehr verwischt. Die hellen Lücken in Fig. 10 sind von den Kalkgebilden erfüllt, welche oft durch Spitzen *K* über die Epidermis hervorragen. Die Höhe der letzteren beträgt bei Ant. Eschr. 0,02 mm. Bei Anted. rosacea sind diese Gruppen von Sinnenzellen, zu denen ein Nervenbündel herantritt, ebenfalls vorhanden, wenn auch nicht so klar zu beobachten. Sie finden sich wie bei der vorigen Art sowohl auf der Rückenfläche als auch auf den Seiten der Arme und Pinnulae vor. Fig. 9 auf Taf. IX giebt ein Bild dieser Endigungen bei Ant. rosac. wieder. Man sieht die Nervenbündel in der entkalkten Bindesubstanz verlaufen; einer derselben tritt zu dem Epithel in der beschriebenen Weise heran.

9. Das Nervensystem von Antedon carinata.

Es ist sehr merkwürdig, daß der Bau der Nervenstämme selbst bei den einzelnen Arten der Gattung Antedon sehr verschieden ist. Es ist das Querschnittsbild durch den dorsalen Armnerv oder durch einen Cirrhusnerv bei jeder Art verschieden.

Während bei A. rosac. kaum von einer bindegewebigen Hülle um die Nervenstämme gesprochen werden kann, besitzen bei dieser Art dieselben ein sehr mächtiges Neurilemm, wenn man diese Namen anwenden will. Am stärksten tritt dasselbe an den Cirrhennerven, am schwächsten im Umkreis des Zentralorganes auf.

Die Cirrhennervenzüge. In der Weise, wie ich bereits oben beschrieben habe, nehmen die Cirrhusnerven ihren Ursprung vom Zentralorgan, indem sie in ihrer Achse einen Kanal — eine Fortsetzung des Hohlraums des gekammerten Organes, also der

Leibeshöhle — besitzen. Fig. 11 auf Taf. X giebt einen quer-durchschnittenen Cirrhusnerven wieder. Der größte Teil der ovalen Figur wird vom Neurilemm eingenommen, und nur der kleinere von der zentral gelagerten Nervenschicht, von welcher an den vier Ecken Nervenzüge austreten. Daß nur dieser Teil als nervös zu betrachten ist, der ganze übrige jedoch bindegewebiger Natur ist, läßt sich aus verschiedenen Gründen mit Sicherheit behaupten, da die austretenden Nerven nur immer von dem zentralen Teile abgehen. Betrachtet man solche Querschnitte bei auffallendem Lichte mit Abbes Beleuchtungsapparat, so erscheint nur der zentrale Teil grauweißlich, eine Farbe, welche die Nervenfibrillenmasse auszeichnet; und die Umhüllung, das Neurilemm, unterscheidet sich in nichts weiter von der übrigen Bindesubstanz, als daß dasselbe unverkalkt geblieben ist.

Am Neurilemm kann man zwei deutlich unterscheidbare Bildungen erkennen. Der größte Teil wird von Fasern und Zellen gebildet, welche sehr dicht nebeneinander in der Grundsubstanz lagern. Dieser fasrige Teil wird von der Nervenfibrillenmasse getrennt durch ein das Aussehen einer Membran bietendes Blatt, welches die Nervenfibrillen umhüllt, und — auf dem Querschnitt betrachtet — wie ein Netzwerk in den fasrigen Teil sich hineinerstreckt. Auf diese Weise entsteht ein Maschenwerk, welches in Fig. 11 deutlich zu erkennen ist. Von der verkalkten Bindesubstanz ist das Neurilemm bald deutlich, bald weniger deutlich abgesetzt und geht dann direkt in dieselbe über.

In dieser starken Entwickelung treffen wir dasselbe in den Armnerven nicht wieder an. Hier bildet es nur eine dünnere Umhüllung, wie die beiden Querschnitte in Fig. 12 und 13 auf Taf. X zeigen. Während aber bei den Cirrhennerven das Neurilemm sich nicht in die Nervenfibrillen hinein erstreckte, sehen wir dasselbe beim Armnerven in Gestalt freier Blätter dieselben quer durchziehen von der Ventral- nach der Dorsalseite. Die austretenden Nervenzüge werden nur ein kurzes Stück vom Neurilemm begleitet, um dann ohne Hülle in der verkalkten Bindesubstanz sich zu verzweigen. Der fasrige Teil des Neurilemms zeigt dieselbe Maschenbildung, wie ich sie bei den Cirrhusnerven beschrieben habe.

Irgendwelche besondere Ganglien — wie ich bei Ant. Eschrichti schilderte — habe ich nicht angetroffen. Die Ganglienzellen, bi- wie multipolare, liegen regellos zwischen den parallel verlaufenden, untereinander unverzweigt bleibenden Nervenfibrillen. Was den

Austritt der Nerven aus dem Armnerven anlangt, so geschieht derselbe wie bei den übrigen Arten, zwischen der Muskulatur je zweier Armglieder treten ventral je zwei Paare aus, denen dorsal die gleiche Zahl regelmäßig zu entsprechen scheint. Insofern zeigen auch die Nervenstämme dieser Art eine Gliederung. Leider ist das Material nicht in der Weise erhalten, daß ich auf Einzelheiten einzugehen mir erlauben dürfte und überlasse dies einem glücklicheren Nachfolger, welcher bei dieser wie allen anderen Arten vieles Neue aufzufinden vermögen wird.

10. Pentacrinus decorus.

Ist die Anordnung des Nervensystems bei dieser Gattung nicht abweichend von der der übrigen, so ist ein Eingehen auf Einzelheiten wegen der Seltenheit dieser Form geboten.

Trotzdem die Arme eines Pentacrinus mindestens vierzehn Tage in Chromsäure verweilen müssen, bis sie vollständig entkalkt sind, zeigen sich die Nervenfibrillen und die Ganglienzellen so schön erhalten, wie sie besser nicht bei Anted. rosac. zu beobachten sind. Es kommen Ganglienzellen vor, welche durch ihre Größe schon bei schwachen Objektiven hervortreten.

Man untersuche auf Querschnitten durch den Arm den großen zu den Pinnulae ziehenden Nervenast. Dieser besitzt eine Stärke von etwa 0,04 mm und setzt sich aus feinsten Nervenfibrillen zusammen, zwischen denen kleinere, 0,005 mm messende bi- wie multipolare Ganglienzellen liegen. Diese bieten nichts besonderes. Außer dieser Form von Zellen fallen aber sofort ungemein große Zellen auf, welche entweder peripher dem Nervenast hier und da aufliegen oder zu einem Ganglion vereinigt liegen.

Sobald der Nervenzug zwischen die dorsalen Muskeln, welche aus Spindelzellen bestehen, wie ich von Anted. rosac. geschildert habe, zu liegen kommt, treten nach allen Seiten Fibrillen aus; an diesen Stellen liegen die großen Ganglienzellen. Weiter können wir aber das Eintreten der Nervenfibrillen zwischen die Muskelfasern verfolgen, zwischen denen ebenfalls die großen Ganglienzellen liegen, deren Fortsätze nach den verschiedenen Seiten sich verzweigen und offenbar an die Muskelfasern herantreten. Fig. 12, Taf. XII giebt dieses Verhalten wieder.

Unterhalb wie oberhalb der Muskulatur treten von unserem Nervenast neue Nervenfibrillenzüge aus, und hier liegt an der Ursprungsstelle das Ganglion, welches ich schon erwähnte. Dicht

nebeneinander liegen die großen Ganglienzellen, welche sich durch ihren kreisrunden, 0,004 mm messenden Kern, der ab und zu ein Kernkörperchen erkennen läßt, auszeichnen. Von diesen Nervenzügen treten Fibrillen ebenfalls zur Muskulatur, während ein anderer Teil zum Epithel zieht.

Die Größe dieser Ganglienzellen beträgt zwischen 0,01 und 0,005 mm. Ihr Zellleib erscheint feinkörnig granuliert und färbt sich mit neutraler Karminlösung ziemlich dunkel. Die Fortsätze der Zellen sind stärker als die gewöhnlichen Nervenfibrillen, lassen sich also in ihrem Anfangsteil vor ihren Verzweigungen leicht auf größere Strecken verfolgen.

Entweder setzt sich die Zelle nur in zwei Fortsätze fort oder sie besitzt deren mehrere bis vier, selten darüber. Unipolare Zellen fand ich nicht.

Spindlige bipolare Ganglienzellen sind in Fig. 11, Taf. XII abgebildet; daneben liegen solche mit drei bis fünf Ausläufern. Fig. 12 zeigt einen Teil des Nervenastes mit dem Belage dieser großen Zellen.

Kapitel 2.

Das Wassergefäßsystem.

1. Die Körperwand des Kelches.

Die Körperwand des Kelches ist bei Anted. rosac. sowohl auf der Oberfläche desselben (Mundscheibe) als an den Seitenflächen zwischen den Armen in ihrem Bau übereinstimmend. Nur da, wo die Tentakelfurchen verlaufen, ist derselbe ein anderer, da ja hier Wassergefäße und andere Organe liegen. Beim ausgewachsenen geschlechtsreifen Tier beträgt die Stärke der Wandung nur höchstens 0,1 mm. Die Schichten, welche dieselbe zusammensetzen, sind das allgemeine einschichtige Körperepithel, die Cutis, die Bindesubstanzschicht, auf welche das die Leibeshöhle auskleidende Epithel folgt.

Das Körperepithel hat keine Cuticula ausgeschieden, wie dies bei anderen Echinodermen der Fall ist, und grenzt sich gegen die Bindesubstanzschicht kaum ab. Die einzelnen Zellen sind ihrer Kleinheit wegen oft nicht voneinander zu unterscheiden. Zellgrenzen finden sich nicht, nur die Zellkerne, welche dicht zusammen in einer unregelmäßigen Reihe liegen, lassen das Vor-

handensein eines Epithels erkennen. Bei Actinometra pulchella gelingt es leichter, sich über die Gestalt dieses Epithels zu überzeugen. Die Zellen, deren Grenzen zwar auch selten hervortreten, sind annähernd kubisch und zeichnen sich durch ihre kugligen, sich dunkel färbenden Kerne aus (Fig. 12, Taf. XI). Die Bindesubstanzschicht trifft bei Ant. rosac. und carinata, Actinom. pulch. — es scheint bei allen Crinoiden — in der Wandung in zwei Lagen auf. Die oberflächliche besteht aus einem lockeren Gefüge nach den verschiedensten Richtungen verlaufenden Fasern, während eine tiefere Lage, welche an das Coelomepithel angrenzt, eine knorplige Konsistenz zeigt (Fig. 12 *Kn*). In der Bindesubstanzschicht treffen wir Nervenzüge an, welche parallel zur Oberfläche ziehen und von denen Nervenbündel zum Epithel treten. Sie wird weiter von den Wasserporen durchsetzt, welche in die Leibeshöhle münden (vergl. Kapitel Wassergefäßsystem).

Eine eigenartige Bildung sind die Tentakelfurchen oder Ambulacralrinnen, welche auf der Ventralseite der Arme gelegen auf die Mundscheibe sich fortsetzen, um in der Fünfzahl nach der Mundöffnung zu ziehen und sich im Umkreis derselben in Gestalt einer Ringfurche zu vereinigen. Begrenzt werden diese Furchen durch die Tentakel, welche jederseits in einer Reihe stehen.

In diesen Ambulacralrinnen ist das Epithel stark verdickt. Seine Elemente, Epithelsinnes- und Epithelstützzellen, sowie die Nervenfibrillen sind bereits früher geschildert worden. Unterhalb dieses Epithels trifft man bei vielen Arten einen Schizocoelraum und ein Wassergefäß. Letzteres geht mit den übrigen Ambulacralgefäßen über in den die Mundöffnung umkreisenden Ringkanal (s. weiter unten Wassergefäßsystem).

Da die Leibeshöhle von Bindegewebszügen nach allen Richtungen durchzogen wird, so ist die Leibeshöhle zwischen der Wandung des Darmtraktus und der Körperwand oft kaum mehr als solche kenntlich und an einzelnen Stellen kann man die Grenze zwischen Körperwand und Bindegewebszügen kaum mehr erkennen, da diese mit der ersteren verschmolzen sind. Immer ist aber festzuhalten, daß alle die Hohlräume, in welche die Leibeshöhle zerfällt wird, vom Enterocoelepithel ausgekleidet werden.

Daß den Crinoiden wie den übrigen Echinodermen-Gruppen ein Wassergefäßsystem zukommt und daß sich dieselben einzelnen

Teile, wenn auch modifiziert, wiederfinden, hat Ludwig [1]) festgestellt. Wenn auch von P. H. Carpenter [2]) Einwürfe gegen diese Anschauungen geltend gemacht wurden, so hat derselbe [3]) jetzt sich zur gleichen Ansicht bekannt.

In neuester Zeit sind unsere Kenntnisse über dieses Organsystem leider mehr verwirrt als weitergeführt worden, so daß ich ausführlicher dasselbe schildern will, wobei ich Untersuchungen über die Gattungen Antedon, Actinometra und Pentacrinus verwerten kann.

Das Wassergefäßsystem besteht aus einem Ringkanal, welcher um die Mundöffnung gelagert ist und in der Tiefe der Ring-Tentakelfurche verläuft, sowie von diesen sich abzweigenden, in den Tentakelfurchen des Kelches und der Arme verlaufenden 10 (Antedon rosac.) Gefäßen. Dem Ringkanal hängen eine Reihe von Schläuchen oder Röhren an, welche als Steinkanäle bezeichnet werden können, während die Stelle der Madreporenplatte durch die Porenkanäle oder Kelchporen vertreten wird. In welcher Weise das Wassergefäßsystem mit Wasser von außen versorgt wird, darauf komme ich am Schlusse zu sprechen.

1. Topographie der Ambulacralgefässe.

Um sich über die Lage der in den Armen verlaufenden Wassergefäße zu orientieren, nimmt man am besten Querschnitte durch dieselben zur Hilfe. Fig. 2, Taf. XI zeigt einen solchen durch den Arm von Ant. rosac. In der Ambulacralfurche tritt uns das hohe, aus langen fadenförmigen Zellen bestehende Epithel entgegen, zwischen dessen basalen Fortsätzen die Nervenfibrillen epithelial verlaufen. Die rechts und links von dieser Ambulacral- oder Tentakelfurche stehenden Tentakel sind auf dem Schnitt getroffen. Unterhalb dieses Epithels mit seiner Nervenfibrillenschicht liegt eine dünne Bindegewebsschicht, in welcher sich ein querdurchschnittener Hohlraum erkennen läßt. Unterhalb desselben liegt das durchquerte Wassergefäß, von welchem alternierend rechts oder links je ein Gefäß zu den Tentakeln zieht. Das Wassergefäß liegt oft so dicht an dem erwähnten Hohlraum, einem Schizocöl-

1) Ludwig, Zur Anatomie der Crinoiden, in: Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 26, 1876, und in: Morphol. Stud. an Echinod. 1. Crinoiden, 1877.

2) P. H. Carpenter, Remarks on the Anatomy of the arms of the Crinoids, in: Journ. of Anat. and Physiol., V. 10, 1876.

3) Challenger-Crinoiden, P. 1.

gebilde, wie ich an dieser Stelle gleich hervorheben will, daß in der Wandung, welche beide trennen, die Bindegewebsschicht, welche das Wassergefäß begrenzt, den Charakter einer Membran von fester Konsistenz zeigt.

In Fig. 10, Taf. IX sind diese Verhältnisse noch deutlicher zu erkennen.

Verfolgt man die Ambulacralfurchen auf dem Kelch, so treten dieselben Verhältnisse uns entgegen, das Wassergefäßlumen unterhalb der Schizocoellücke, und rechts und links die zu den Tentakellumen ziehenden Seitenäste.

Eine gänzlich abweichende Darstellung geben Vogt und Yung[1]), soweit ich ihre Darstellungen verstehe. Zunächst bestreiten sie nachdrücklich das Vorkommen des von mir als Schizocoelhohlraum bezeichnenden längsverlaufenden Gebildes. Weiter geben sie vom Epithel und der Nervenschicht folgende merkwürdige Daten: Die von mir[2]) und anderen[3]) als Nervenfibrillen beschriebenen Längsfibrillen, sollen „ein beinahe homogenes (!) und mit außerordentlich feinen Granulationen durchsätes Bindegewebe“ sein. Die eigentlichen Nervenfasern sind dann die basalen Fortsätze der Epithelzellen, welche als „Wurzelfasern“ beschrieben werden. Diese Angaben stossen sowohl die Ludwig'schen Resultate um als die aller übrigen Nachfolger. Wie schlecht aber das von diesen Forschern untersuchte Material sein muß, zeigen die Abbildungen Fig. 272 u. 273. Auf letzterer Figur werden Hohlräume als „Höhlungen des Wassergefäßsystemes beschrieben, welche nie und nimmer im Zusammenhang mit dem Tentakellumen stehen — während das Wassergefäß selbst überhaupt nicht abgebildet ist.

2. Der feinere Bau.

Gehen wir nun über zum feineren Bau des Wassergefäßes. Dasselbe wird, wie Ludwig schon angiebt, von einem niedrigen Epithel ausgekleidet. Ich finde diese Zellen kubisch. Jede

---

1) Lehrbuch der praktischen vergleichenden Anatomie. Liefer. 9, 1886.

2) Hamann, Vorläufige Mitteilungen zur Morphologie der Crinoiden, in: Nachricht. d. königl. Gesellsch. d. Wiss. Göttingen, No. 5, 1888, p. 127.

3) Semon, Synapta digitata und die Stammesgeschichte der Echinodermen 1888, hebt mit Nachdruck hervor, dafs diese Nervenschicht homolog ist den Ambulacralnerven der übrigen Echinodermen.

Zelle der der Nervenschicht zugewendeten Wandung hat an ihrer Basis eine Muskelfaser ausgeschieden und ist somit eine Epithelmuskelzelle. Die Fasern laufen parallel zur Axe der Wassergefäße. Epithelmuskelzellen habe ich bei allen untersuchten Formen gefunden. (Anted. rosac. u. carinata; Actinom. parvicirra u. paucicirra, Pentacrinus decorus.) Die Höhe der Zellen beträgt ungefähr 0,003 mm, in den Tentakeln 0,004 mm (Ant. rosac.). Wimpern fehlen diesen Zellen nach den übereinstimmenden Angaben von Perrier, Carpenter, Thomson und Ludwig. Eine äußerst feine Membran umhüllt die Gefäße (Fig. 12, Taf. VII).

3. Der Ringkanal und die Steinkanäle.

Der Ringkanal ist von Ludwig genau geschildert und abgebildet worden, so daß ich Nichts neues hinzufügen kann. Er ist in dorso-ventraler Richtung abgeplattet und steht in Kommunikation durch Kanäle mit den die Mundöffnung umkreisenden Tentakeln. Sein Lumen wird von den gleichen Muskelfasern durchzogen, wie solche in den Ringkanälen auftreten (vergl. Kap. Muskulatur). Längsmuskelfasern, welche mit den Epithelzellen in Verbindung stehen, lassen sich leicht nachweisen. Auf Horizontalschnitten durch die Scheibe treten diese Epithelmuskelzellen vorzüglich hervor.

Horizontalschnitte durch die Mundscheibe lassen die eigenartigen Steinkanäle erkennen, wie sie als gewundene Schläuche dem Wassergefäßring anhängen (Fig. 7, Taf. IX).

Diese Schläuche, welche bei Ant. rosac. 0,02 mm dick sind, besitzen einen kreisrunden Querschnitt und bauen sich aus drei Schichten auf, nämlich einem den Innenraum auskleidenden Wimperepithel, einer dünnen Bindegewebsschicht und einem Außenepithel, welches an der Mündung in das Wimperepithel übergeht. Die innere Zellschicht besteht aus Zellen, deren Kerne länglich oval geformt sind. Zellsubstanz ist nur wenig vorhanden, so daß es den Anschein hat, als ob nur eine dicht nebeneinanderliegende Schicht bildende Kerne vorhanden seien (vergl. Fig. 8, Taf. VIII).

Die Länge dieser Schläuche, welche in Hohlräume der Leibeshöhle münden, welche ja durch Bänder und Septen entstanden sind, die das ursprünglich einheitliche Coelom durchziehen, beträgt bei Ant. rosac. 0,2 mm. An ihren freien Enden sind diese Schläuche fast immer gebogen; ihre Mündung ist trichterförmig gestaltet und keineswegs sehr eng, wie Vogt und Yung sagen. Der Rand der

Mündung ist nach außen in der Weise zurückgeschlagen, wie es Fig. 8, Taf. VIII zeigt. Die gleichen Mündungen besitzt A. rosac. und A. carinata. Die Wimpern sind immer sehr schön erhalten [1]). Die dünne Bindesubstanzschicht in der Wandung hat keinerlei Kalkgebilde entwickelt. Im Übrigen stimmt jedoch der Bau dieser Kanäle überein mit denen der Holothurien, Asteriden, Echiniden und Ophiuren, da ihnen, wie ich zeigte, dieselben drei Schichten in der Wandung zukommen, während Ludwig nur die Bindesubstanzlage nicht beschreibt.

Wohin münden diese Steinkanäle? Nach Ludwig öffnen sie sie sich in die Leibeshöhle.

Bei allen Arten, die ich untersuchte, kann ich nur diese Angabe voll bestätigen. Man sieht auf Horizontal- wie Vertikalschnitten, daß sämtliche Steinkanäle in die durch Septen und Bänder zerlegte Leibeshöhle hineinragen und daß ihre Mündungen frei liegen. Nach Perrier, Vogt und Yung sollen aber diese Kanäle in die Blutlakunen münden. Sie sagen: „Bei sorgfältiger Untersuchung findet man aber auch Hydrophorkanäle, welche sich offenbar in die verzweigten Gefäße des schwammigen Gewebes (mit diesem Namen belegen sie einen Blutlakunen-Plexus in der Umgebung der Mundöffnung) verlängern und schließlich gelangt man zu der Überzeugung, daß diese Endigung die Regel ist und immer beobachtet wird, sobald die Röhren nicht durchschnitten sind oder ihre Fortsetzung nicht durch ein allzu rasches Einschrumpfen des schwammigen Gewebes, welches unter dem Einflusse der Reagentien sehr oft eintritt, abgerissen wurde."

Dem gegenüber erkläre ich, daß ich die Abbildung 275, welche diese Forscher geben, keineswegs für von einem solchen Material herrührend ansehen kann, welches nicht durch Reagentien gelitten hätte, wie das abgebildete Darmepitel zur Genüge beweist. Die Mündungen treten bei keiner Gattung in die Blutgefäße ein, sondern — lückenlose Serienschnitte entscheiden hier mit vollster Sicherheit — liegen überall frei in der Leibeshöhle und stellen somit eine Verbindung her zwischen der Coelomflüssigkeit und der in dem Wassergefäßsystem zirkulierenden. Da das letztere nun aber an keiner anderen Stelle weder mit der Außenwelt noch mit dem Coelom kommuniziert, wird man mit Recht diese Steinkanäle als die Zuleitungsröhren für das Wassergefäßsystem anzusehen haben,

---

1) Vergl. Greeff, Über den Bau der Crinoiden, in: Marb. Sitzber. 1876.

wie ich in Anschluß an Ludwig thue. Die Leibeshöhlenflüssigkeit, welche unmittelbar unter dem Tegument flottiert, hat Zutritt in die Gefäße, ebenso wie Wasser durch die Kelchporen oder Porenkanäle in dieselben gelangen kann.

4. Die Kelchporen oder Porenkanäle.

Wendet man für diese Gebilde den Ausdruck Porenkanäle an, so deutet man darauf hin, daß dieselben den Porenkanälen der Madroporenplatte der übrigen Echinodermen homolog sind und nur vereinzelt auf dem Kelch verteilt sind, während jene zusammenliegend eine Platte bilden.

Kelchporen finden sich auf der Oralfläche der Kelchwand sowie auf den Seitenflächen der Arme, an deren ersten Gliedern. Die Zahl dieser Poren ist von Ludwig [1]) mit 1500 abgeschätzt worden.

Die Kanäle haben folgende, schon von den verschiedenen Forschern beschriebene Gestalt. An die kreisrunde Öffnung schließt sich ein Kanal, welcher sich alsbald ampullenförmig erweitert, um nach dieser Anschwellung als gleichmäßig weiter Kanal die Haut zu durchsetzen und in die oberflächlich gelegenen Räume der Leibeshöhle zu münden. Fig. 15 auf Taf. XI stellt einen solchen Porenkanal in seiner peripheren Hälfte dar. Das Epithel mit seinen dicht gedrängt stehenden Zellen und den sich tief färbenden ovalen Kernen kennzeichnet sich als Wimperepithel, wie er in den Porenkanälen aller Madroporenplatten sich findet [2]). Die Zellen sind 0,01 mm hoch und tragen lange Wimpern von 0,02 mm Länge, welche das 0,06 große Lumen der ampullenförmigen Erweiterung ganz erfüllen (Ant. rosac.). — Die Wimpern schlagen im Leben nach innen [3]). Das hohe Wimperepithel, geht in dem Ende der Röhre allmählich über in ein niedriges Plattenepithel, welcher sich seinerseits fortsetzt in das Epithel, welches die Leibeshöhle auskleidet.

Auf der Oralseite des Kelches biegt der Endkanal oft in einem stumpfen Winkel um, der Verlauf des Porenkanals ist somit nicht ein rechtwinkliger zur Oberfläche der Haut und er durchsetzt diese nicht senkrecht wie die Nervenkanäle der Arme. Fig. 10,

---

1) Crinoiden, Morphol. Studien, Bd. 1, pag. 56.

2) Vergl. Heft 1—3 dieser Beiträge.

3) W. B. Carpenter, On the structure physiology and developement of Antedon rosacea F. P. 1 in: Proc. R. Sor. 1876.

Taf. XII zeigt einen solchen schräg verlaufenden Porenkanal von Anted. rosac.

Daß nun auch bei diesen Kanälen ihre innere Mündung in die Leibeshöhle mündet, daran ist bei sorgfältiger Untersuchung von Vertikalschnitten kein Zweifel.

Nach Perrier hingegen, welcher früher [1]) diese Kanäle als blind endend beschrieb, sollen sie jetzt — und diesen Angaben haben sich Vogt und Yung [2]) angeschlossen — mit dem Blutgefäßsystem zusammenhängen, ja in dieses geradezu hineinmünden! Der Porenkanal durchsetzt nach diesen Forschern im einfachsten Fall das Tegument, „um sich in ein Gefäß des Mesenteriums fortzusetzen". Dieser wird sogar abgebildet.

Ich habe diese Frage außer bei Anted. rosac. bei allen mir zu Gebote stehenden Arten geprüft und habe stets — vorausgesetzt, daß die Schnittserien lückenlos, sowie daß die Schnitte fein genug waren — mich überzeugt, daß die inneren Mündungen in die oberflächlichen Hohlräume der Leibeshöhle einmünden, wie Ludwig und P. H. Carpenter [3]) früher gefunden haben. Die Unmöglichkeit einer entgegengesetzten Annahme wird auch noch dadurch hinfällig, daß solche Blutgefäße, welche hier in Frage kommen können und in der Nähe der Mundöffnung liegen, an anderen Stellen und zwar gerade da, wo Kelchporen in Trupps stehen, sich nicht finden. Eins ist allerdings hervorzuheben, daß nämlich die oberflächlichen Hohlräume der Leibeshöhle sich in das Tegument, in die Haut (in Fig. 10, Taf. XII mit *H* bezeichnet) fortsetzen können. Solche Hohlräume sind in der Figur mit C^1 C^2 gekennzeichnet. Sie sind, wie die folgenden Schnitte lehren, kanalartige Fortsetzungen der Leibeshöhle, welche mit einander in Verbindung stehen und Porenkanäle bereits aufnehmen können. Es läßt sich nicht immer entscheiden, ob der Kanal — in unserer Figur mit *K* bezeichnet, eine solche Fortsetzung der Leibeshöhle ist, in welchen der Porenkanal mündet, oder aber ob er nur eine direkte Fortsetzung des letzteren ist.

Die Porenkanäle auf den Armen sind schon von Ludwig aufgefunden worden. Sie treten nur auf den Anfangs-

---

1) Perrier, Recherches sur l'anatomie et régéneration des bras de Comatula mediterranea, in: Arch. de zool. expér. et génér, Bd. 2, 1873.

2) Vogt und Yung, Lehrbuch, pag. 542.

3) P. H. Carpenter, Challenger Crinoiden.

gliedern auf und zwar dann auf beiden Seiten derselben. Fig. 14, Taf. IX giebt einen Teil eines Vertikalschnittes durch einen Arm wieder. Mit *C* sind die Fortsetzungen der Leibeshöhle in die Arme, mit *Gk* der Genitalkanal mit der Genitalröhre bezeichnet. Sämtliche Porenkanäle zeichnen sich durch ihre schlanke Gestalt aus, sowie durch ihren gestreckten Verlauf. Sie münden in den Genitalkanal oder die um ihn herumliegenden Hohlräume, welche mit letzterem in Kommunikation stehen. Verfolgt man nun den Arm, wie er allmählich in den Kelch übergeht, so läßt sich feststellen, daß diese Hohlräume Fortsetzungen der Leibeshöhle sind, mit deren Hohlräumen sie in offener Kommunikation stehen. Auf Schnitten, welche weiter entfernt von dem Kelch durch den Arm geführt sind, sind diese Hohlräume verschwunden und nur ein Lumen ist noch zu erkennen, der Genitalkanal. Über seine Natur, ob Schizocoelraum, ob dem Enterocoel zugehörig, spreche ich mich in dem Kapitel über die Leibeshöhle aus.

Die Mündung einzelner Porenkanäle in denselben hat Ludwig zuerst bei Anted. rosac. gesehen, sowie P. H. Carpenter [2]) bei Actinom. parvicirra bestätigt. Es läßt sich dieses Vorkommen bei allen Arten feststellen (vergl. auch Fig. 4 und 5, Taf. VIII).

Kapitel 3.

Die Leibeshöhle und ihre Fortsetzungen in die Arme und Pinnulae.

Bei den Ophiuren wie bei den übrigen bisher untersuchten Echinodermen trafen wir die Leibeshöhle durchsetzend Stränge oder Bänder an, welche meist zur Befestigung der Organe, welche in ihr liegen, dienten. Diese Bänder setzten sich aus einer bindegewebigen Achse zusammen und waren von dem Enterocoelepithel überzogen, wie die gesamte Leibeshöhle und alle in ihr liegenden Organe von diesem umhüllt waren.

Bei den Crinoiden kann nun diese Durchsetzung und Durchwachsung von solchen Strängen in der Leibeshöhle einen solchen Grad erreichen, daß endlich der Hohlraum derselben verschwunden ist und nur zwischen den Strängen und Bändern ein System von miteinander kommunizierenden Kanälen vorhanden ist, wie für

1) Ludwig, Crinoiden, Morpholog. Stud., Bd. 1, pag. 60.
2) P. H. Carpenter, Challenger-Crinoiden, P. 1, pag. 96.

die verschiedenen Arten besonders P. H. Carpenter[1]) gezeigt hat. Bei Pentacrinus decorus ist der ursprünglich einheitliche Hohlraum der Leibeshöhle vollständig verschwunden, wie die Figur auf Taf. 62 der Challenger-Crinoiden zeigt.

Bei Actinometra pulchella ist diese Durchwachsung ebenfalls sehr weit gediehen, und die Leibeshöhle durch netzförmig angeordnete Stränge und Bänder in eine unzählbare Menge von Räumen zerfallen.

Ludwig ist zu eigentümlichen Anschauungen gekommen, indem er bestimmte begrenzte Bezirke in der Leibeshöhle unterscheidet. So soll eine „axiale Leibeshöhle" genau abgegrenzt vorhanden sein, und von ihr aus sollen fünf Fortsätze in die Arme ausgehen. Dieser zentrale Teil der Leibeshöhle bleibt frei von Septen und steht nur an ihrem dorsalen Ende in Zusammenhang mit den Maschen der übrigen Abschnitte der Leibeshöhle. In dieser unterscheidet Ludwig zwei besondere Teile. Den visceralen Sack, welcher die Darmwindungen umgeben soll, kann ich ebensowenig wie den zweiten Abschnitt bestätigen.

Die verschiedenen so unterschiedenen Abschnitte sind nach meinen Untersuchungen an mehreren Arten von Antedon, Actinometra und Pentacrinus nicht in der Weise vorhanden, wie es Ludwig angiebt. Ich schließe mich vollständig an Vogt und Yung an, welche ebenfalls sich nicht von der strengen Trennung in einzelne Abschnitte haben überzeugen können.

Immer finde ich mit diesen Forschern — deren Beschreibung nur auf Antedon rosacea fußt — Netzwerke von Faserzügen, die wirr nach allen Seiten ziehen, bald an der Wandung des Darmes, bald an der des Körpers sich befestigen. Bald sind die Maschen größer, bald kleiner; es ist dies vollständig individuell.

Vogt und Yung finden die Stränge überzogen von „einem sehr feinen Epithelium". Dasselbe besteht aus abgeplatteten Zellen, deren ovale Kerne sich deutlich abheben in dem abgeplatteten Zellleibe.

In den Bindegewebssträngen selbst trifft man auf Wanderzellen, welche in der gallertigen Grundsubstanz zwischen spindligen und sternförmigen Zellen liegen. Diejenigen Stränge, in denen in Hohlräumen — welche oft die ganze Achse einnehmen, so daß nur eine dünne periphere Wand übrig bleibt — die Blutflüssig-

1) P. H. Carpenter, Challenger-Crinoiden, P. 1.

keit zirkuliert, werden von den Autoren als Blutgefäße schlechthin bezeichnet.

Außer Pigment und den „Sacculi", welche, wenn auch selten, bei Anted. rosac. in den Strängen sich finden können, treten kleine Kalkkörper auf, die schon den ältern Beobachtern bekannt waren.

Ein Querschnitt durch einen Arm (Fig. 2, Taf. XI) zeigt uns die Fortsetzungen der Leibeshöhle in Gestalt von zunächst drei Hohlräumen, welche mit *C* bis C^2 bezeichnet sind. Der dem Rücken zugewendete durchquerte Kanal wurde von W. B. Carpenter Canalis coeliacus, von Ludwig Dorsalkanal genannt, die beiden ventralwärts durch eine Scheidewand getrennten hingegen Canal. subtentaculares oder Ventralkanäle geheißen. In der Scheidewand zwischen den drei Kanälen verläuft der Genitalkanal, von dem es fraglich ist, ob er ein Enterocoel- oder Schizocoelraum ist.

Untersucht man aber einen Arm an seinem Anfangsteil, so erhält man abweichende Bilder. Querschnitte, durch die ersten Brachialia geführt, zeigen den Ventralkanal ohne Scheidewand, während die Scheidewand zwischen ihm und dem Dorsalkanal stark verdickt ist und eine große Anzahl von miteinander in Verbindung stehenden Hohlräumen durchzogen wird, von denen einer die Genitalröhre birgt. Auf Schnitten, welche dem Kelche abgewendet liegen, sieht man, wie diese letztgenannten Hohlräume mehr und mehr abnehmen an Anzahl und endlich nur einer übrig bleibt, der Genitalkanal.

Der Dorsalkanal ist bei A. rosac. stellenweise sehr erweitert, indem er im Bereiche der Muskulatur zwischen zwei Armgliedern zwischen dieselbe Aussackungen treibt, welche oft in kurzer Entfernung vom mesodermalen, dorsal gelegenen Nervenstamm enden.

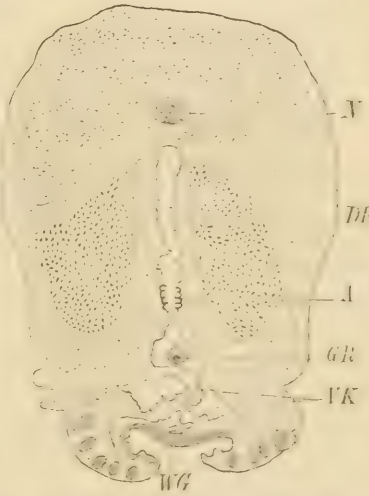
Bei Antedon Eschrichti treffen wir diese Aussackungen ebenfalls an. Hier sind dieselben aber komplizierter gebildet, indem man einzelne Abschnitte unterscheiden kann.

In der nebenstehenden Figur ist der mit *A* bezeichnete Abschnitt mit Wimperfurchen versehen, deren Zellen verdickt sind und lange Wimpern tragen. Dieser Abschnitt ist auf folgenden Schnitten durch Scheidewände von der Verbindung mit dem übrigen Hohlraum des Dorsalkanales streckenweise abgeschnitten. Solche Septen treten überhaupt oft ein, wie sie ebenso oft verschwinden, so daß dann sämmtliche Hohlräume des Armes (mit Ausnahme des Wassergefäßes und des kleinen subneuralen Schizocoelraumes) miteinander kommunizieren, wie für A. rosac. Vogt und Yung und früher schon Ludwig angegeben hat. In unserer Figur

kommuniziert der rechte ventrale mit dem dorsalen Kanal, indem beide sich in den Genitalkanal öffnen.

Der mit Wimperfurchen versehene Abschnitt ist weiter von Wichtigkeit, da aus ihm der dorsale Kanal der Pinnulae entspringt, welcher die Wimpersäckchen an seiner dorsalen Wand trägt.

Zu bemerken ist noch, daß bei A. Eschrichti das alle diese Hohlräume auskleidende Epithel einen sehr wechselnden Anblick bietet. Erreicht es in den Wimperfurchen seine größte Entwicklung, so sind seine Zellen im dorsal gelegenen Abschnitt kleiner, mehr abgeplattet, während in den Verbindungskanälen zwischen den dorsalen und den ventralen Kanälen dasselbe aus abgeplatteten — wie es scheint — wimperlosen Zellen sich zusammensetzt.



DK Dorsalkanal; *VK* Ventralkanal; *GR* Genitalröhre; *A* mit Wimpersäckchen versehener Abschnitt des Dorsalkanales; *WG* Wassergefäfs; *N* Nervenstamm.

2. Die Wimpersäckchen. Unter diesem Namen beschreibt Ludwig in der dorsalen Wand des Canalis dorsalis, wie er die Fortsetzung der Leibeshöhle in die Pinnulae nennt, sackförmige Ausstülpungen, welche von einem Wimperepithel ausgekleidet werden. Sie stehen gruppenweise in jedem Pinnulaglied. Von der Fläche betrachtet, erkennt man die von einem gewulsteten Rande umgebenen kreisförmigen Öffnungen.

Ich habe diese kugligen Einstülpungen bei A. rosac., A. Eschrichti und Pentacrinus decorus näher untersucht. Fig. 5 auf Taf. XII zeigt einen Schnitt durch das Wimpersäckchen von A. Eschrichti. Eine strukturlose Membran trennt das Säckchen von der Bindesubstanz *bg*, wie Ludwig [1]) beschreibt. Im übrigen kann ich seiner Schilderung nicht beipflichten. Das Epithel, welches bei dieser Art das Organ auskleidet, besteht aus hohen Zellen und im Grunde aus abgeplatteten Zellen, an denen ich keine Wimpern

1) Ludwig, Crinoiden, in: Morpholog. Stud. an Echinodermen, Bd. 1.

fand. Ludwig bildet ab und beschreibt große blasige Zellen. Thatsächlich sind solche nicht vorhanden, es handelt sich vielmehr um solche niedrige Zellen, wie Fig. 5 zeigt. Im Umkreis der Öffnung, sowie im oberen Teil des Säckchens ist das Epithel stark verdickt, wie die mit der Camera gezeichnete Figur zeigt. Die Zellen sind nicht von cylindrischer Gestalt und tragen nicht den Kern alle in einer Höhe wie Ludwig, abbildet, sondern sie sind mehr fadenförmig, und in einer Anschwellung, welche bald mehr der Basis, bald mehr der Peripherie genähert liegt, den ovalen Zellkern. Die langen Wimpern sitzen mit kurzen Fußstücken auf den Zellen.

In Figur 5 ist ein Wimpersäckchen dargestellt, welches eine große Öffnung besitzt. Es giebt aber solche, bei denen die Ränder näher aneinandergerückt sind, und dann das Organ ein kugliges Aussehen erhält. Am meisten zu einem abgeschlossenen Säckchen fand ich diese Organe bei Actinometra parvicirra entwickelt (Fig. 16, Taf. XII). Auch bei ihnen war der Bau ein gleicher. In der Tiefe niedrige, an den Seiten und der Mündung desto längere Wimperzellen. Die Säckchen sind 0,05 mm lang und 0,04 mm breit.

Bei Pentacrinus decorus sind sie ebenfalls vorhanden und bilden wohl abgeschlossene Säckchen.

Bei Antedon rosacea liegen sie ebenfalls in Trupps. Ihr Bau ist auch bei dieser Art derselbe, nur reichen die Wimperzellen tiefer hinab in die Grube, welche von wimperlosen, kubischen Zellen ausgekleidet ist. Am schönsten ausgebildet sind diese Organe bei Actinometra solaris. Sie liegen eng aneinandergeschmiegt in Reihen, so daß man auf einem Querschnitt durch eine Pinnula acht oder mehr der Länge nach durchschnitten antrifft. Es ist dann vom ursprünglich glatten Epithel des Darmkanales nichts mehr zu erblicken, indem Wimpersäckchen neben Wimpersäckchen seine Stelle einnehmen.

Wir haben in diesen Wimpersäckchen wohl vor allem Organe zu sehen, welche einer Fortbewegung der Leibeshöhlenflüssigkeit dienen.

Ludwig hat auf die Synaptiden hingewiesen, deren Wimpertrichter sich diesen Wimpersäckchen an die Seite stellen lassen. Beide Gebilde erklärt derselbe für homolog und spricht die Hoffnung aus, daß man bei weiteren Untersuchungen auch bei anderen Echinodermen dieselben auffinden werde. Bisher ist dies nicht der Fall gewesen, und ich kann diesen Organen nur jene in der

Dorsalwand der Ophiurenarme verlaufende Wimperrinne an die Seite stellen. Dieselbe stellt eine wenig gebogene Rinne dar (vergl. die Abbildungen auf Tafel I), welche von Wimperzellen ausgekleidet wird, die sich durch ihre Gestalt, Kerne u. s. w. wenig von den Zellen der Wimpersäckchen unterscheiden. Jedenfalls liegt kein Grund vor, diese Organe mit ähnlichen bei den Würmern befindlichen zu homologisieren oder abzuleiten. Solche Gebilde wie diese Wimperorgane werden sich unabhängig voneinander in den verschiedensten Gruppen entwickelt haben.

3. Das sog. gekammerte Organ.

Haben wir schon bei Betrachtung des Nervensystems eine große Mannigfaltigkeit in den Ansichten der einzelnen Forscher kennen gelernt, so ist diese bei der Frage nach dem Bau und der Funktion des sog. gekammerten Organes fast eine noch größere. Ich denke aber, gestützt auf die Untersuchung vieler Gattungen in vorzüglich konservierten Exemplaren, eine Einigung der verschiedenen Ansichten herbeiführen zu können.

Den Bau dieses von Heusinger [1]) als „herzartiges Organ" beschriebenen Teiles des Kelches kann man nur auf Längs- und Querschnitten untersuchen. Stellte dieser Forscher ebenso wie Joh. Müller dasselbe noch als einen einfachen Hohlraum dar, so waren es Greeff [2]) und W. B. Carpenter [3]), welche zeigten, daß dieser Hohlraum durch fünf radiär gestellte, in der Achse sich vereinigende Septa in ebensoviel einzelne Kammern zerfiele. Greeff nennt diesen gekammerten Hohlraum schlechtweg Herz. In der Achse desselben verläuft ein Strang (Achsenstrang) nach der gemeinsamen Darstellung Greeff's und später Ludwig's [4]), und in diesem Längskanäle. Höchst merkwürdig ist nun die Ansicht Greeff's über die Funktion dieser Hohlräume. Für ihn sind sie ein Herz und er läßt nun Blutflüssigkeit durch je eine ventrale (also der Mundöffnung zugekehrte) Öffnung in die Kammern

1) Heusinger, in: Meckel's Archiv 1876 und Zeitschr. f. organ. Physiol. 3. Bd.

2) Greeff, Über den Bau und die Entwickelung der Echinodermen, 4. u. 5. Mitteil., 1876, in: Sitzber. d. Gesellsch. z. Beförd. d. gesammt. Naturw. z. Marburg.

3) W. B. Carpenter, On the structure, physiology and Development of Antedon roseus, in: Proceed. Roy. Soc. 1876.

4) Ludwig, Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 28, 1877.

gelangen. Diese Öffnungen hat Carpenter[1]) ebenfalls beschrieben, gab ihnen aber eine andere Deutung, indem er ausführte, daß durch diese Öffnungen das sog. gekammerte Organ in Verbindung stehe mit der Leibeshöhle. Wie es sich hiermit verhält, zeige ich unter Hinweis auf meine Abbildungen weiter unten. Nach Ludwig, welcher diese Öffnungen wiederfand, sollen sich an dieselben Kanäle anschließen, welche neben dem Achsenstrang eine Strecke herlaufen und mit den Kanälen des letzteren identisch sein sollen. Die Kanäle Ludwig's habe ich überall wiedergefunden, sie setzen sich aber nicht fort in die Hohlräume des drüsigen Organes.

Der Achsenstrang (Ludwig) setzt sich nach Greeff, der ihn bald als dorso-ventralen Gefäßstrang bezeichnet, bald als dicken drüsenartigen Strang, bis zur Mundscheibe fort, indem er die Leibeshöhle in ganzer Ausdehnung durchzieht. In der Nähe der Mundscheibe löst er sich in ein Gefäßnetz auf, Ludwig's Darstellung ist im großen Ganzen dieselbe.

Sehr eigentümlich wird der Ursprung der zu den Cirrhen führenden Gefäße geschildert, welche nach Greeff[2]) teils „nicht aus dem Herzen, sondern aus dem das Herz durchsetzenden und ihm das Blut zuführenden dorso-ventralen Gefäßstrang" entspringen, teils aber aus dem Grunde des Herzens hervortreten sollen. Nach Ludwig gehen vom Achsenstrang die Cirrhengefäße ab, nachdem sie die Centrodorsalplatte durchsetzt haben. Der gleichen Meinung über den Ursprung der Cirrhengefäße sind Vogt und Yung. Sie lassen die Gefäße von dem Achsenstrang, den sie als „Säule" bezeichnen, nach allen Seiten ausstrahlen, an ihrem Ursprung unter sich anastomosieren, dann die Nervenmasse („Nervenkuchen" nach Vogt u. Yung) durchsetzen und in die Cirrhen eintreten. An allen diesen Beobachtungen ist etwas Richtiges. Was aber die Autoren bisher als Gefäße bezeichneten, sind keine solchen, sondern solide Stränge, welche in der Achse der Cirrhengefäße ihren Verlauf nehmen. Solche Stränge oder Quersepten in derselben werden von Teuscher[3]) und Ludwig[4]) erwähnt, ohne daß der Ursprung derselben aufgeklärt worden wäre. Zu einer klaren Erkenntnis

1) W. B. Carpenter, On the structure etc. 1876, in: Proc. Roy. Soc.

2) Greeff, 5. Mitteilung, pag. 91.

3) Teuscher, Beitr. zur Anat. d. Echinod., 1. Comatula mediterranea, in: Jen. Zeitschr. f. Nat., Bd. 10, 1876.

4) Ludwig, Beitr. z. Anat. d. Crinoiden, in: Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 28, 1877.

dieser Verhältnisse eignet sich besser als die gewöhnlich untersuchte Antedon rosacea unter anderen Actinometra pulchella. Ehe ich zur eigenen Darstellung übergehe, will ich kurz daran erinnern, daß die das gekammerte Organ umhüllende Gewebsmasse den zentralen Teil des dorsalen Nervensystems darstellt, wie ich in Anschluß vornehmlich an W. B. und P. H. Carpenter und Marshall in dem Kapitel über das Nervensystem geschildert habe.

Das gekammerte Organ stellt einen im Knopf gelegenen Hohlraum dar (*K* in Fig. 1 auf Taf. VII), welcher einen Durchmesser von ungefähr 0,5 mm besitzt. Dieser annähernd kuglige Hohlraum wird allseitig umhüllt von der Nervenfibrillenmasse, welche das Zentralorgan des dorsalen Nervensystems bildet.

Der kuglige Hohlraum zerfällt weiter in einzelne Abteilungen, welche auf folgende Weise entstehen.

In der Achse des Hohlraumes ist ein Strang aufgehangen, welcher die Fortsetzung des in dem Kelch gelagerten drüsigen Organes ist. Dieser Strang, welchen ich in seiner Zusammensetzung weiter unten schildere — in Fig. 1 auf Taf. VII (Längsschnitt durch das gekammerte Organ) mit *st* bezeichnet — wird in dem Hohlraum aufgehangen und an der Wandung befestigt durch fünf radienartig ausstrahlende Bänder. Auf diese Weise zerfällt das gekammerte Organ in fünf Abteilungen, wie ein Querschnitt durch dasselbe lehrt (vergl. Fig. 5 auf Taf. VII, *st* = Axialstrang, *b* Aufhängebänder oder Scheidewände).

Es stellt das gekammerte Organ nicht etwa, wie aus der bisherigen Darstellung hervorgehen könnte, einen allseitig geschlossenen Hohlraum dar, sondern es gehen zunächst von demselben fünf blind geschlossene röhrenförmige Hohlräume ab, welche neben dem axialen Strang verlaufen, ihm eng angeschmiegt, um bald blind zu enden, wie ich mit größter Sicherheit aussprechen kann. Fig. 1 auf Taf. VII zeigt diese röhrenförmigen Räume h — es sind zwei der Länge nach durchschnitten — während Fig. 6 und 7 zwei Querschnitte durch diesen Teil des Knopfes wiedergeben. Diese Fünfteilung des gekammerten Organes erstreckt sich bis zur Basis desselben. Nur tritt hier eine weitere Bildung in Verbindung mit dem Abgang der Cirrhengefäße hinzu.

Vergleicht man den Querschnitt durch den basalen Teil des gekammerten Organes, wie ihn von Ant. rosac. Fig. 3 auf Taf. VII wiedergiebt, so gewahrt man in seinem Innern eine sternförmige

Figur, deren Zentrum den Achsenstrang, und dessen fünf Strahlen die Scheidewände, welche im oberen Abschnitt die Fünfkammerteilung bewirken, darstellen. Außerdem ist zwischen je zwei Strahlen ein Band ausgespannt, welches die Befestigung mit der Wandung des gekammerten Organes herstellt. Es verbinden sich nämlich die fünf Strahlen nicht mit der letzteren, sondern setzen sich in Gestalt abgeplatteter Bänder in die Cirrhengefäße fort, welche also nur an fünf Stellen aus dem gekammerten Organ entspringen, um, wie Fig. 3 zeigt, sich sogleich in Äste, gewöhnlich in drei, zu teilen.

Es entspringen die Cirrhengefäße somit in fünf Radien, aber nicht in einer Reihe, sondern in mehreren, wie ein Längsschnitt durch das gekammerte Organ von Actinometra pulchella (Fig. 2 Taf. VII) zeigt.

Cirrhengefäße nehmen auch ihren Ursprung im Zentrum der Basis. Das sind die das Centrodorsale durchziehenden und blind unterhalb des Epithels endenden Gefäße, welche zu rudimentären Cirrhen gehören würden.

Der der bisherigen Beschreibung zu Grunde gelegte Querschnitt, Fig. 3, stammt fast unmittelbar von der Basis des Organes her. Querschnitte, welche mehr ventralwärts (oralwärts) geführt sind (also zwischen Fig. 3 und Fig. IV), zeigen kompliziertere Bildungen, indem nämlich zwischen den fünf Strahlen Verbindungsbrücken eingetreten sind, so daß man auf dem Längsschnitt Bilder, wie in Fig. 2 ein solches wiedergegeben ist, erhält.

Fassen wir zusammen, so ergiebt sich folgendes: Die Cirrhengefäße sind samt und sonders Fortsetzungen des gekammerten Organes. Das das Gefäßlumen derselben durchsetzende Längsband (vergl. den Querschnitt durch einen Cirrhus, Fig. 9, Taf. VIII) ist bindegewebiger Natur und eine Fortsetzung der fünf unser Organ in fünf Abteilungen trennenden Scheidewände. Diese zunächst für Actinometra pulchella und Antedon rosacea geltenden Resultate sind für Actin. paucicirra, A. parvicirra, Ant. Eschrichti in gleicher Geltung.

Meine auf einer großen Anzahl von Schnittserien beruhende Angabe, daß die fünf oralen Fortsetzungen des gekammerten Organes blind enden, nachdem sie den Achsenstrang eine Strecke weit begleitet haben, steht mit den Angaben älterer Forscher in

Widerspruch. W. B. Carpenter [1]) glaubt einen Zusammenhang dieser fünf Kanäle mit der Leibeshöhle konstatieren zu können, eine Ansicht, welcher Ludwig [2]) widerspricht, indem er meint konstatieren zu können, daß die fünf — nach mir blind endenden Kanäle (*h* in Fig. 1, Taf. VII) — sich mit den im axialen Strang befindlichen „Kanälen" „zur Bildung eines einzigen Organes zusammentreten", welches er das „dorsale Organ" nennt (drüsiges Organ).

Nach Greeff's Darstellung sollen die Hohlräume des gekammerten Organes durch ventrale Ostien die Blutmasse aus seinem dorsoventralen Gefäßstrang empfangen. Daß sich zunächst diese Öffnungen in fünf Kanäle fortsetzen, hat Greff übersehen. Diese wurden erst von Ludwig beobachtet, der sie aber in der angegebenen Weise deutete.

Mit Greeff [3]) stimme ich vollständig überein, wenn er Cirrhengefäße aus dem gekammerten Organ entspringen läßt. Seine Beobachtungen bestätigend, führte ich sie weiter, indem ich zeigte, daß die Scheidewände in den Cirrhengefäßen sämtlich bis zum Achsenstrang sich verfolgen lassen und bindegewebiger Natur sind.

Eine andere Meinung hat Ludwig vertreten. Nach ihm sollen die Cirrhengefäße Fortsetzungen der Gefäße des Achsenstranges sein. Er verneint also den Ursprung der Cirrhengefäße vom gekammerten Organ und läßt nur einzelne Gefäße aus diesem entspringen. Der Widerstreit der Meinungen läßt sich aber leicht erklären, wenn man die Abbildungen vergleicht — denn dann zeigt es sich, daß Ludwig (Fig. 1 auf Taf. XV seiner Crinoiden) wohl nicht sehr gut erhaltenes Material zur Beobachtung gehabt hat und diesem die Schuld beizumessen ist.

Wenn Greeff [3]) aber für die Cirrhengefäße, welche das Centrodorsale in der Mitte durchsetzen und unterhalb des Rückenepithels enden, einen besonderen Ursprung annimmt — sie sollen aus seinem dorso-ventralen Gefäßstrange entspringen — so muß ich das vollständig bestreiten.

Außer Greeff lassen die übrigen Forscher die Cirrhusgefäße

---

1) W. B. Carpenter, On the structure, physiology and development of Antedon rosaceus, in: Proc. Roy. Soc. Nr. 166, 1876, pag. 211, u. Nr. 169, 1876.

2) Ludwig, Morph. Studien, 1. Bd., pag. 63.

3) Greeff, Über den Bau der Crinoiden, in: Marburg. Sitzungsberichte, 1876, pag. 88—95.

wie Ludwig vom Achsenkanal entspringen, indem sie annehmen, daß in diesen Kanäle verlaufen. So auch Vogt und Yung, welche ihre Beschreibung auch durch Abbildungen — allerdings sehr mangelhafter Natur — zu belegen suchen.

Die Hohlräume des gekammerten Organes sind von einem Epithel ausgekleidet, welches auch die fünf Scheidewände überzieht, wie Greeff [1]) u. a. beschrieben haben. Der größte Teil des Achsenstranges — dessen ausführliche Beschreibung im Zusammenhang mit dem drüsigen Organ folgt — besteht aus Bindesubstanz, ebenso wie diese die Scheidewände zusammensetzt. Das Epithel, welches sich in die Cirrhengefäße fortsetzt (Fig. 2, Taf. VII), besteht aus 0,005—0,004 mm hohen Zellen, welche dicht nebeneinander liegen und einen kontinuierlichen Belag herstellen.

Ihre Kerne färben sich tief dunkel mit Karmin u. s. w. Wimpern habe ich an diesen Zellen nie wahrgenommen, ebenso wie sie sich sonst, wenn auch nur sehr wenig, von den mehr abgeplatteten, den Coelombelag bildenden Zellen unterscheiden.

Die Scheidewände, welche jedes Cirrhengefäß in zwei Hohlräume trennt, sind wie die Scheidewände des gekammerten Organes, mit denen sie in Verbindung stehen, gebildet. Sie bestehen aus einer dünnen, bindegewebigen Lamelle, welche auf beiden Seiten von einem Zellenbelag bedeckt wird. Muskelfasern, wie sie Greeff [1]) glaubt gefunden zu haben, habe ich in den Scheidewänden nicht beobachtet.

4. Ist das gekammerte Organ ein Enterocoelraum?

Zunächst betone ich nochmals, daß unser zentraler Hohlraum nur mit den von ihm abgehenden Cirrhengefäßen in Verbindung steht, keinesfalls aber mit dem Enterocoel der Leibeshöhle. Ebensowenig kann ich zugeben, daß eine Verbindung der fünf Räume mit dem drüsigen Organ besteht, wie Ludwig und Carpenter [2]) annehmen.

Es fragt sich nun, ob man berechtigt ist, das gekammerte

---

1) Greeff, Über das Herz der Crinoiden, in: Marburger Sitzungsberichte, 1876.

2) Carpenter, Report upon the Crinoidea collected during the voyage of Challenger, P. 1, in: Rep. Chall., V. 11, P. 32, 1884.

Organ als einen nur beim erwachsenen Tier vom Enterocoel abgeschlossenen Teil anzusehen, wie etwa das Wassergefäßsystem für einen solchen zu gelten hat [1]).

Das Epithel, welches die Hohlräume des gekammerten Organes auskleidet, hat viel Ähnlichkeit mit dem des Enterocoels, und es würde deshalb einer solchen Anschauung nichts im Wege stehen.

Zudem kommt noch, daß nach einer vorläufigen Mitteilung von Bury [2]) thatsächlich dieses gekammerte Organ nichts anderes als einen abgeschlossenen Teil der Leibeshöhle, des Enterocoels, darstellt.

Kapitel 4.

Schizocoelräume und Blutlakunensystem.

Schizocoelräume, welche nicht echte Blutflüssigkeit, wie besonders die Darmlakunen, führen, sondern bei den bisher betrachteten Gruppen als Räume sui generis aufzufassen waren, findet man bei den Crinoiden ebenfalls vor.

Als solche Schizocoelräume führe ich auf die in den Tentakelfurchen verlaufenden, unterhalb des Nervenepithels gelegenen Hohlräume, welche sich um die Mundöffnung in Gestalt eines ringförmigen Raumes, wenn auch sehr selten, erkennen lassen.

In Fig. 10, Taf. X und Fig. 3, Taf. XI ist dieser in der Ambulacralfurche verlaufende Hohlraum quer durchschnitten. Wir haben ihn als Homologon der Perihämal- (Asteriden) und Perineuralkanäle (Echiniden, Ophiuren) zu betrachten, nicht aber als Blutlakune, denn es stehen diese Längskanäle nicht in Verbindung mit dem Blutlakunensystem. Während weiter das letztere eine gerinnbare, leicht färbbare Flüssigkeit führt, trifft man in den Schizocoelkanälen nur sehr selten eine geronnene Flüssigkeit. Meist ist ihr Inhalt vollständig klar und wasserhell, wie der der Leibeshöhle.

Diese Kanäle sind bereits früher gesehen und als Blutgefäße beschrieben worden. Ludwig [3]) nennt sie radiäre Blutgefäße

---

1) Vergl. Vorl. Mitteilung. z. Morph. d. Echiniden, Nr. 8, pag. 4, in: Sitzungsberichte d. med.-nat. Ges., Jena 1886, Heft 2 und 3.

2) Bury, in: Proc. Roy. Soc., Bd. 43, 1887.

3) Crinoiden, Morpholog. Studien, Bd. 1, 1877.

(Nervengefäß), und auch noch bei P. H. Carpenter [1]) finden wir diese Hohlräume dem Blutlakunensystem zugezählt.

Vogt und Yung [2]) bestreiten nachdrücklich die Existenz eines solchen Gefäßes bei Anted. rosac. An einer anderen Stelle [3]) wird hervorgehoben, daß Lücken vorkommen, welche ein Nervengefäß vortäuschen, und in Fig. 279 wird unser Hohlraum auch abgebildet.

Es fragt sich nun: ist derselbe ein konstantes Gebilde, welches durch den Arm bis zu seiner Spitze sich verfolgen läßt als einlumiger Kanal, oder aber, wie Vogt meint, zu einem Lückensystem gehört. Letzteres ist nun vollständig zurückzuweisen. Immer ist der Schizocoelkanal einlumig, wo er auftritt, oder aber er fehlt ganz. Daß man aber nicht von einem Nervengefäß sprechen darf, darin stimme ich mit Vogt und Yung überein [4]).

Bei den verschiedenen Arten fand ich folgendes. Bei Anted. rosac. tritt der Schizocoel-Längskanal in den Armen als konstantes Gebilde auf. Er kann an einzelnen Stellen geschlossen sein, dann wird dies aber durch die Kontraktion der Muskulatur des Wassergefäßes in der Tentakelrinne bewirkt. Sobald nämlich dieses Wassergefäß durch seine Quermuskeln eine Verengerung erfahren hat, kann der Schizocoelraum verschwinden. Dann ist das Ambulacralepithel der Tentakelrinne nicht so bogenförmig gestaltet wie in Fig. 10, Taf. IX, sondern seine Oberfläche bildet eine gerade Linie. Daß außerdem hierbei auch die Bewegung der Arme, ob dieselben mehr nach der Ventral- oder nach der Dorsalseite gebogen sind, mit in Betracht kommt, ist leicht zu erkennen.

Während bei dieser Art der Längskanal als ovaler Hohlraum von geringer Größe auf dem Querschnitt auftritt, hat er bei Anted. Eschrichti einen Durchmesser von 0,1 mm. Auf dem Querschnitt durch den Arm ist der Hohlraum schlitzförmig bis kreisrund, je nach der Kontraktion der Muskulatur des Wassergefäßes. Der Schizocoelkanal zeigt bei dieser großen Art ein Endothel aus abgeplatteten, 0,01 mm großen Zellen, deren Kerne in

1) P. H. Carpenter, Challenger-Crinoiden, 1884.
2) Vogt und Yung, Lehrbuch etc., pag. 545, 1886.
3) pag. 572.
4) Auch P. H. Carpenter hat seine Meinung geändert, wie er mir persönlich im April dieses Jahres mitteilte. Er ist geneigt, diesen Hohlraum als Schizocoelraum anzusehen, welcher mit den Blutgefäßen nicht in Verbindung steht.

das Lumen hervorragen. Damit ist bewiesen, daß es sich nicht um zufällige Lücken in der unterhalb des Nervenepithels liegenden Bindesubstanzschicht handelt, sondern um einen bleibenden Hohlraum.

Einen zweifelhaften Schizocoelkanal hat man in dem Genitalkanal zu sehen, welcher die Genitalröhre umschließt. Dieser Kanal ist bei den übrigen Echinodermen unzweifelhaft ein Schizocoelraum, und daß er es auch bei den Crinoiden ist, dafür könnte folgendes sprechen: Seine Auskleidung ist ein abgeplattetes Endothel, dessen Zellen an Größe und Aussehen den Bindesubstanzzellen gleichen. Teilweise kommt eine endotheliale Auskleidung überhaupt nicht zustande und ist schwach entwickelt. Jedenfalls sind diese Zellen aber streng zu unterscheiden von den Zellen, welche die Dorsalkanäle der Arme auskleiden. Gegen seine Natur als Schizocoelraum spricht die Einmündung der Porenkanäle (s. oben) und die Kommunikation derselben mit den Hohlräumen der Leibeshöhle. Ich gestehe, daß, solange nicht entwickelungsgeschichtlich seine Entstehung bekannt geworden ist, ein sicheres Urteil nicht möglich ist. Sollte sich aber herausstellen, daß es ein Schizocoelkanal ist, so ständen dann bei den Crinoiden Enterocoel und Schizocoel in Zusammenhang und wären beim erwachsenen Tier nicht wohl zu unterscheiden.

Das Blutlakunensystem ist sehr hoch entwickelt, indem man stets abgegrenzte Räume vorfindet, in welche die Blutflüssigkeit eingeschlossen ist. Es sind aber sämtliche Blutlakunen nichts anderes als Lücken und Spalträume in der Bindesubstanz der Bänder und Mesenterien der Leibeshöhle, welche untereinander in Verbindung stehen. Alle diese den Darmtraktus gleichsam umspinnenden Lakunen besitzen den gleichen Bau. Da die einzelnen, die Leibeshöhle durchsetzenden Stränge und Bänder meist einen geringen Durchmesser besitzen, und die Lücken in der Bindesubstanz derselben, in denen eben die Blutflüssigkeit sich bewegt, ungemein erweitert sein können, so bleibt schließlich von dem Strang nichts weiter übrig als eine dünne Hülle, welche die Lakune umhüllt. Ein Querschnitt durch eine Blutlakune (Fig. 16, Taf. XI) zeigt nach außen die Epithelschicht, die alle Organe, welche in der Leibeshöhle liegen, überzieht, das Coelomepithel. Nach innen von dieser trifft man auf eine bald sehr dünne, bald etwas stärkere Bindesubstanzschicht, in welcher sogar Zellen mit Fasern auftreten können. Ein eigentliches Endothel habe ich nicht gefunden. Man

kann diese Bindesubstanzschicht, deren Zellen bei A. Eschrichti hier und da eine abgeplattete Gestalt zeigen, als Endothel nicht in Anspruch nehmen, wie verschiedene gethan haben, da die Zellen niemals eine vollständige Auskleidung des Lumens bilden.

Ich finde die Blutlakunen bei Antedon gerade so wie bei Actinometra und Pentacrinus gebaut.

Über die Anordnung der Lakunen läßt sich folgendes aussagen: Um den Schlund lagern, denselben umgreifend, eine Masse von Blutlakunen kleinster Art (Fig. 10, Taf. VIII). Dieses Netzwerk von Lakunen ist bei Anted. rosac. ebenso deutlich ausgebildet wie bei den Arten der Gattung Actinometra. Die geronnene, fein granulierte und selten mit Zellen versehene Blutflüssigkeit tritt in dem Capillarnetze durch ihre hellrosa Färbung (nach Karminbehandlung) schön hervor. Sie gleicht in ihren Reaktionen dem Blute der übrigen Echinodermen.

Carpenter[1]) hat diesen Teil des Lakunensystems als labial plexus beschrieben. Bei Vogt und Perrier wird er als „schwammiges Gewebe mit verzweigten Gefäßen" beschrieben. Eine besondere Art des Bindegewebes liegt aber hier nicht vor, welche einen solchen Namen rechtfertigen könnte.

Untersucht man den Verlauf der Lakunen auf Horizontalschnitten durch den Kelch, so kann man noch eine Reihe von immer wiederkehrenden Lakunen feststellen. So findet man bei Anted. rosac., daß an gewissen Stellen kreisförmig verlaufende große Lakunen auftreten, so ungefähr oberhalb der Kelchmitte.

Der Durchmesser einer solchen Lakune beträgt 0,1 mm. Sie verläuft halbkreisförmig, das drüsige Organ umfassend, zwischen diesem und der äußeren Darmwindung. Weiter kann man im oberen Kelchteile gleichgroße, zirkulär verlaufende Lakunen finden, welche stärkere Äste nach allen Seiten in unregelmäßiger Weise abgeben.

Die Lakunen der Leibeshöhle stehen in Zusammenhang mit der Darmwandung. Dies geschieht in der Weise, daß die Stränge und Bänder der Leibeshöhle, in deren Hohlräumen die Blutflüssigkeit verläuft, in die Wandung des Darmes übergehen, indem sich ihre Bindesubstanzschicht in die der Darmwandung fortsetzt Dasselbe ist für die epitheliale Bekleidung der Fall.

Man kann — wenn auch selten — die Blutflüssigkeit in der

---

1) P. H. Carpenter, Challenger-Crinoiden, P. 1.

Bindesubstanzschicht des Darmes, welche stets sehr gering entwickelt ist, nachweisen.

Eine Fortsetzung der Lakunen der Leibeshöhle in die Arme ist nicht vorhanden. Die sogenannten Radialgefäße sind, wie ich bereits auseinandersetzte, nicht Blutlakunen und stehen mit diesen in keiner Verbindung.

Ein Zusammenhang der Blutlakunen mit dem drüsigen Organ ist insofern vorhanden, als die bindegewebige Wandung desselben sich in die der Stränge und Bänder fortsetzt, in denen die Blutflüssigkeit zirkuliert.

Somit kann ich nur einen Teil des von den früheren Forschern beschriebenen Blutgefäßsystems als solches gelten lassen, welches homolog ist den Darmlakunen der Asteriden, Echiniden und Holothurien. Es zeigt eine gleich hohe Entwickelung wie das der letzten Gruppe.

Das gekammerte Organ hingegen zum Blutgefäßsystem hinzuzuzählen, wie es Greeff [1]) und Ludwig thaten, geht nicht an. Die Hohlräume, welche das sogenannte gekammerte Organ bilden, sind Teile der Leibeshöhle, und die typische Blutflüssigkeit findet sich niemals in denselben, sondern allein in den Lakunen, Lücken der Bindesubstanzschicht der die Leibeshöhle durchziehenden Stränge und Septen.

Ebensowenig dürfen wir mit Ludwig das drüsige Organ (Dorsalorgan Ludwig's) als Zentralorgan des ganzen Blutgefäßsystems auffassen, eine Ansicht, welcher übrigens auch noch Carpenter [2]) und Vogt und Yung [3]) sich anschließen. Auf die modifizierten Ansichten der letzteren Forscher sowie diejenigen von Perrier komme ich weiter unten zu sprechen.

Der Zusammenhang zwischen Blut- und Wassergefäßsystem und der Leibeshöhle.

Eine Ansicht, welche mit den Thatsachen in vollstem Widerspruch steht, ist von Perrier [4]) und Vogt [5]) aufgestellt worden. Nach diesen Forschern stehen die Blutlakunen einerseits mit den Peritonealhöhlen (Enterocoel) und andererseits mit dem Wasser-

1) Über den Bau der Crinoiden, in: Marburger Sitzber. 1876.
2) Challenger-Crinoiden.
3) Lehrb., p. 564 u. a. St.
4) Comptes rendus, 1884, Bd. 98.
5) a. o. O., p. 561, p. 551.

gefäßsystem in Verbindung, somit ist auch die Flüssigkeit, welche in diesen Systemen zirkuliert, kaum verschieden. Die Aufnahme von Meerwasser denken sie sich in folgender Weise: Durch die Kelchporen gelangt dasselbe in das Blutgefäßsystem, indem die Kelchporen in die Lakunen einmünden (gegenteilige Angaben von Ludwig, Carpenter und mir siehe oben). Nachdem nun, fährt Vogt fort, die Flüssigkeit überall da, wo das Gefäßsystem ausgebildet ist, zirkuliert hat, wird sie durch die Hydrophorröhren (Steinkanäle) aufgenommen, welche also in die Gefäße münden (s. oben), um in das Wassergefäßsystem befördert zu werden. „So wird zwischen dem umliegenden Meerwasser und dem inneren Wassergefäßsysteme eine Verbindung hergestellt, welche nicht, wie Ludwig, P. H. Carpenter u. a. behauptet haben, sozusagen direkt durch die Vermittelung der allgemeinen Körper- oder Peritonealhöhle allein hergestellt wird. Ganz im Widerspruche damit geschieht die Verbindung vermittelst des Gefäßsystems, das vom gekammerten und vom Dorsalorgane, vom Mesenterium und vom schwammigen Gewebe abhängt. Da dieses Gefäßsystem mit der Peritonealhöhle in offener Verbindung steht, so erhält diese letztere von jenem die Flüssigkeit, welche sie erfüllt."

Es handelt sich hier nicht um Behauptungen, wie Vogt und Yung meinen, sondern um die Thatsachen, welche jeder, der unbefangen und mit der Technik vertraut ist, sofort bestätigen muß[1]). Die Hohlräume der Leibeshöhle stehen in Verbindung mit dem Meerwasser durch die Kelchporen, diese münden weder bei Antedon, noch Actinometra und Pentacrinus in das Blutlakunensystem, welches allein durch die mit dem Darm zusammenhängenden, die typische Blutflüssigkeit führenden Hohlräume der Septen und Stränge der Leibeshöhle repräsentiert wird, sondern in die Leibeshöhle. Das Wassergefäßsystem steht in keinem Zusammenhang mit dem Blutgefäßsystem. Die Steinkanäle öffnen sich bei den drei Gattungen in die oberflächlichen Räume der Leibeshöhle. Das gekammerte Organ mit den Kanälen, welche in die Cirrhen führen, sind als Teile der Leibeshöhle anzusehen, welche beim jungen Tier mit derselben noch in Kommunikation stehen, und haben mit den echten Lakunen nichts zu thun.

Damit bestreite ich natürlich nicht, daß die Flüssigkeit, welche in der Leibeshöhle der Crinoiden angetroffen wird, vielleicht als

---

1) P. H. Carpenter hat in seinen Challenger-Crinoiden einen Teil der Perrier'schen Angaben bereits zurückgewiesen, p. 404, Note D—F.

Ernährungsflüssigkeit zu gelten hat und bei den Echinodermen die Blutflüssigkeit der Darmlakunen die Nahrungsstoffe vom Darm in erster Linie aufnimmt, eine Ansicht, welche für die Anneliden von Wiren [1]) ausgesprochen worden ist.

Kapitel 5.

Das drüsige Organ (Anted. rosac.) (Dorsalorgan).

Der Achsenstrang, welcher das gekammerte Organ in seiner Achse durchsetzt, tritt ventralwärts aus demselben heraus und setzt sich als eine unregelmäßig geformte Masse in Gestalt eines Stranges in die Leibeshöhle des Kelches fort. Diese Fortsetzung, welche von Greeff als „ein sehr merkwürdiger Drüsenapparat" angesehen wurde, liegt nicht im Zentrum des Kelches, sondern seitlich und läßt sich zwischen den Darmschlingen gelagert bis in die Nähe der Mundöffnung verfolgen. Der Strang endet, wie später zu beschreiben ist, blind. Ich werde nun im Folgenden eine genaue Darstellung des feineren Baues dieses Organes geben und seinen Zusammenhang mit Blutlakunen besprechen, um daran die Meinungen anzuschließen, welche man bisher über die Funktion sowie den Bau dieses Organes, wie über sein Verhältnis zum gekammerten Organ aufgestellt hat.

Der Bau des Dorsalorganes in der Leibeshöhle.

Das Organ wird allseitig umhüllt von dem Coelomepithel, dessen Zellen bald kubisch, bald mehr abgeplattet sind. Macht man einen Querschnitt durch unser strangförmiges Organ oberhalb des gekammerten Organes, so erhält man ein Bild, wie es Fig. 4 auf Taf. IX wiedergiebt. Eine Reihe von querdurchschnittenen Schläuchen liegen in einer gemeinsamen Bindesubstanz, welch' letztere vom Coelomepithel begrenzt wird. Je weiter nun die Querschnitte, welche man untersucht, der Ventralseite zuliegen, desto mehr durchschnittene Schläuche trifft man an, bald der Quere, bald auch der Länge nach durchschnitten. Bis zur ungefähren Mitte des Organes nimmt die Zahl der Schläuche zu, und hat dasselbe somit seinen größten Durchmesser, um dann an Umfang mehr und mehr abzunehmen. Hängen nun alle diese

1) Wiren, Beiträge zur Anatomie u. Histologie d. limivoren Anneliden, in: K. S. V.-A. H., Bd. 23, Stockholm 1887, pag. 47.

Schläuche miteinander zusammen? Es ist diese Frage nicht leicht zu entscheiden. Längsschnitte zeigen, daß dieselben seitliche kurze, blind geschlossene Äste treiben und daß der größere Teil derselben der Länge nach verläuft. Einzelne Schläuche können zusammen von der Hauptmasse austreten und so kann das ursprünglich einen Strang darstellende Organ in mehrere zerfallen. Dabei werden die einzelnen Äste ebenfalls vom Coelomepithel überzogen. Fig. 5 auf Taf. IX giebt einen Teil eines Querschnittes bei stärkerer Vergrößerung. Die einzelnen Schläuche werden von einem ungefähr 0,04 mm hohen Epithel ausgekleidet, welches aus cylindrischen Zellen sich zusammensetzt, welche dicht gedrängt stehen. Diese Zellen besitzen einen granulierten Inhalt und färben sich sehr stark. Der kreisrunde, bläschenförmige Kern liegt in der Basis der Zelle. Das Lumen der Schläuche ist bald weit, wie in der Figur, bald eng, und oft erfüllt mit einer geronnenen hellen Flüssigkeit. Die Bindesubstanz, in welcher alle diese Schläuche liegen, besteht aus der hellen Grundsubstanz, welche keinerlei Verkalkungen zeigt, und spindligen wie sternförmigen Zellen, deren Ausläufer wirr durcheinanderziehen. Wie ich schon hervorhob, nimmt der Umfang unseres Organes nach der Ventralseite (Oralseite) zu ab und die letzten Schläuche enden blind. Es lassen sich nun in nächster Nähe dieses Organes Blutlakunen verfolgen, welche eng mit demselben zusammenhängen, so am ventralen Ende. Daß jedoch die Blutflüssigkeit aus diesen Lakunen direkt in die Lumina der Schläuche einträte, davon kann nicht die Rede sein. Sie kann höchstens in der Bindesubstanz des Organes ihren Verlauf nehmen, doch habe ich sie auch hier nicht beobachten können. Das dorsale Ende des drüsigen Organes ist der Achsenstrang, welcher bei der Schilderung des gekammerten Organes erwähnt wurde.

Indem das drüsige Organ mehr und mehr an Umfang abnimmt, verschmächtigt es sich zu einem dünnen Strange; in dieser Gestalt tritt es in das gekammerte Organ ein (Fig. 1, Taf. VII, von Actinometra pulchella dargestellt). Querschnitte durch diesen Endteil ergeben, daß die Zahl der Schläuche nur noch eine sehr geringe ist und nach der Dorsalseite zu sich noch vermindert (vergl. Fig. 4 u. 5, Taf. VII). Die Schläuche sind sehr eng und besitzen eine Epithelauskleidung, welche sich von derjenigen unterscheidet, welche wir in den in der Leibeshöhle gelegenen Schläuchen kennen gelernt haben. Die Epithelzellen sind niedriger, beinahe abgeplattet oder kubisch wie Fig. 12 auf Taf. IX zeigt.

Es läßt sich auf lückenlosen Schnittserien feststellen, daß diese zuletzt in der Vier- oder Fünfzahl vorhandenen engen Kanälchen blind enden — ein Resultat, welches mit dem von Ludwig u. a. gewonnenen in Gegensatz steht. Wie ich oben beschrieben habe, sind die Cirrhengefäße nicht als Fortsetzungen dieser Kanälchen anzusehen, sondern entspringen samt und sonders aus dem gekammerten Organ. Während nun aber Ludwig u. a. annehmen, daß das letztere nichts anderes sei als fünf periphere Kanälchen oder Schläuche des drüsigen Organes, welche zum gekammerten Organ anschwellen, glaube ich mich überzeugt zu haben, daß sich diese Darstellung nicht halten läßt, wir vielmehr im gekammerten Organ einen Teil der Leibeshöhle vor uns haben.

Fassen wir kurz zusammen, so stellt sich das drüsige Organ dar als gleichsam in eine Kapsel von fasriger Bindesubstanz eingehüllt, welche im Innern die eigentliche Substanz in Lappen trennt, indem dieselbe sich in das Innere der Drüse zwischen die eigentliche Substanz derselben hineinerstreckt und so diese in Lappen und in Alveolen zerlegt. Die Drüsenbläschen welche von der Gerüstsubstanz umhüllt werden, sind kürzere oder längere Röhren, bald flaschenförmig, bald keulenförmig und teilweise verästelt. Einen Ausführgang besitzt dieses Organ nicht (siehe unten).

Die verschiedenen Ansichten, welche man über den Bau und die Funktion dieses Organes gehabt hat, sind in Kürze folgende: Greeff [1]) vermutete in ihm einen Drüsenapparat, welchen er als dorsoventralen Gefäßstrang beschreibt, und glaubte, daß das Blut desselben den Skeletteilen zur Ernährung diente. Nach Ludwig [2]) haben wir dieses Organ als Zentralorgan des Blutgefäßsystems anzusehen. Der feinere Bau desselben war ihm jedoch unbekannt geblieben, erst Vogt und Yung [3]) und vorher Perrier haben ihn geschildert. Nach diesen Forschern setzt sich dasselbe zusammen aus Höhlungen oder kurz gewundenen Schläuchen, welche gegen die Achse des Organes geöffnet sein sollen. Große körnige Zellen kleiden dieselben aus. „Die Eigenhaut", fahren sie fort, auf deren

1) Greeff, Über das Herz der Crinoiden.

2) Ludwig, Morpholog. Studien an Echinodermen. Bd. 1. Crinoiden.

3) Vogt und Yung, Lehrbuch der prakt. vergl. Anatomie. 9. Liefrg. 1886.

Innenfläche die Zellen liegen, ist im Innern gefaltet und gerunzelt, und je nachdem die Ränder der Falten sich berühren oder verschmelzen, erhält man den Anschein von Schläuchen oder nur von kürzeren oder längeren Schläuchen.“ Da nun diese Schläuche strahlig in schiefer Richtung um die „leere Achse des Organes“ gestellt wären, so sähe man sie auf Schnitten bald als Kreise, bald als Schläuche. Das ganze Organ lassen sie von einer wasserhellen Eigenhaut umgeben sein und dem Coelomepithel. Diesen Angaben gegenüber kann ich die meinigen nur aufrecht halten. Dieses Organ weiter als einen Teil des Gefäßsystemes anzusehen, wie es Vogt und Yung thun, dafür liegen meiner Ansicht nach keine Gründe vor, und ist auch Perrier [1]) einer anderen Meinung. Für die Crinoiden hat dieser Forscher nachgewiesen, daß die Genitalröhren bei der jungen Comatula in Zusammenhang stehen mit dem drüsigen Organ. Nach seinen Angaben reicht dasselbe beim jungen Tier bis in die Nähe des Mundes, wo es hakenförmig endet. In diesem Haken traf er großkernige Zellen (Urkeimzellen), und von dieser Stelle aus wachsen in die sich entwickelnden Arme Knospen aus, welche die Anlage der Genitalröhren bilden. Perrier betrachtet nun das drüsige Organ als den Stolo eines sterilen Individuums, welcher in den Pinnulae — den Geschlechtstieren — reift. Kann ich mich nun der letzten Ansicht aus entwickelungsgeschichtlichen wie vergleichend-anatomischen Gründen nicht anschließen, so habe ich schon früher zu der Meinung, daß das drüsige Organ der Asteriden (Echiniden) in Zusammenhang steht mit den Genitalröhren, Material beigebracht. Ich fand, daß die letzteren mit Zellen — Urkeimzellen — erfüllt waren, welche ganz den Zellen glichen, welche im drüsigen Organ sich finden, und daß die Genitalröhren in direktem Zusammenhang mit letzterem stehen. Reifen bei den Crinoiden die Urkeimzellen in den Pinnulae, so geschieht dies bei den Asteriden in den Interradien, die Reifungsstätten bezeichnet man bei ihnen als Geschlechtsorgane.

---

1) Lehrb. d. prakt. vergl. Anat., 10. Lieferung, pag. 577, 1887, u. Sur le développement de l'appareil vasculaire et de l'appareil génital des Comatules, in: Comptes rendus, T. 6, Nr. 7, 1885.

Kapitel 6.

Die Genitalröhren und die Reifungsstätten in den Pinnulae.

1. Die Genitalröhren und ihre Urkeimzellen.

Bereits früher [1]) habe ich mich, wenn auch nur kurz, über die Genitalröhren der Crinoiden geäußert. Damals lag es mir vor allem daran, den Nachweis zu erbringen, daß allen Echinodermengruppen Genitalröhren zukommen, in denen sich Urkeimzellen finden, welche nur an bestimmten Orten derselben zu den Ei- und Samenzellen sich differenzieren.

Bei allen Gruppen fand ich Kanäle, eben die Genitalröhren, welche in Bindegewebssepten liegen, in deren Lücken und Spalten die Blutflüssigkeit sich ausbreitet.

Nachdem ich nun die Crinoiden nach den verschiedensten Richtungen untersucht habe, finde ich, daß bei ihnen die Verhältnisse etwas komplizierter liegen als bei den übrigen Gruppen. Konnte ich bei diesen nachweisen, daß die Genitalröhren mit den Lakunen in einem Schizocoelraum lagern, so ist bei den Crinoiden, wenigstens den erwachsenen, der Nachweis mit Sicherheit nicht zu erbringen. Weiter kann ich nach Durchmusterung aller meiner Präparate auch nicht das Vorkommen von Blutflüssigkeit in der Umgebung der Genitalröhren behaupten.

a) Lagerung der Genitalröhren in den Armen.

Die Genitalröhren der Arme sind in ihrem Bau und Verlauf besonders von Ludwig [2]) eingehend geschildert worden.

Zwischen den drei Fortsetzungen der Leibeshöhle in die Arme, welche in Figur 2 auf Taf. XI mit *C* (Dorsalkanal), C^1 und C^2 (Ventralkanäle) bezeichnet sind, liegt in der Mitte zwischen diesen dreien in der hier verdickten Scheidewand derselben ein Längshohlraum, der Genitalkanal, welcher eine Röhre vorstellt, und in diesem liegt der Genitalschlauch, welcher wiederum die Genitalröhre einschließt. In Fig. 9, Taf. XII, ist der Genitalkanal mit *GK*, der Genitalschlauch mit *GS* und die Genitalröhre mit *GR* bezeichnet. Den Hohlraum des Genitalschlauches hat Ludwig

1) Hamann, Die wandernden Urkeimzellen und ihre Reifungsstätten bei den Echinodermen, ein Beitrag zur Kenntnis des Baues der Geschlechtsorgane, in: Zeitschr. für wiss. Zool., Bd. 46, 1887.

2) Ludwig, Morpholog. Stud., Bd. 1. Crinoiden.

als Blutgefäß beschrieben. Wie ich schon hervorhob, zirkuliert in demselben bei anderen Echinodermen thatsächlich Blutflüssigkeit. Bei den Crinoiden habe ich sie nie wahrgenommen, auch keinen Zusammenhang mit den Blutlakunen der Scheibe aufgefunden.

Die Genitalröhre liegt nach Ludwig's Beschreibung und Zeichnung [1]) im Zentrum des Schlauches durch Muskelfäden aufgehangen. Ich habe weder bei Anted. Eschrichti noch rosac. diese Befestigung wahrgenommen. Die Genitalröhre lag der Wandung des Schlauches an (Fig. 8 und 9). Dies scheint das regelmäßige Verhalten zu sein. Sie besteht nach Ludwig aus großen Zellen, welche das Lumen bis zur Unkenntlichkeit verengen. Das sind die Urkeimzellen. Aus ihnen gehen in den Pinnulae Eier und Samenzellen hervor.

Ich finde den Bau des Genitalschlauches komplizierter gebaut, als er von Ludwig geschildert ist. Zunächst ist die Epithelschicht zu erwähnen, welche ihn rings umhüllt. Die Kerne dieser Zellen liegen dicht bei einander, so daß es erscheint, als ob gar keine Zellsubstanz vorhanden wäre (vergl. Fig. 9 e^1, Taf. XII). Die Wandung soll unterhalb dieser Epithelschicht nach Ludwig längsgefasert sein, und in Abständen Ringsmuskelfasern lagern. Diese letzteren muß ich in Abrede stellen, während ich eine dünne Lage Bindesubstanz erkenne, der ein Epithel aufliegt, das den Hohlraum des Schlauches auskleidet, auch über die Genitalröhre sich erstreckt (Fig. 8 und Fig. 9, Taf. XII).

Der Genitalschlauch selbst wird durch spindlige Zellen im Genitalkanal *GK* aufgehangen, wie dieselben Figuren zeigen.

Die Zellen in den Genitalröhren sind amöboid, gegenseitig sehr oft so dicht gedrängt gelagert, daß ihre Grenzen unkenntlich geworden sind. Sie messen, wie Ludwig für Anted. Eschrichti angegeben hat, 0,08 mm. Ihr Plasma ist fein granuliert. Der kuglige, große Kern tritt sehr deutlich hervor.

Auf die Beschreibung von Vogt und Yung einzugehen, halte ich für überflüssig, da schon die Abbildungen zeigen, daß das Material zu feinerer Untersuchung nicht tauglich war.

b) Die Genitalröhren im Kelch.

Bisher sind die Genitalröhren mit den Genitalschläuchen im Kelch unbeobachtet geblieben. Man hat sie in denselben zwar eintreten sehen, aber nicht weiter verfolgen können.

---

1) Taf. XIII, Fig. 3 und 4.

An geschlechtsreifen, erwachsenen Anted. rosac., welche in Alkohol konserviert, in Chromsäure entkalkt und mit neutraler Karminlösung gefärbt waren, gelang es mir leicht, die Genitalschläuche im Kelch zur Ansicht zu bekommen. Es verlaufen die fünf Schläuche nach ihrem Eintritt in den Kelch nach wie vor in einem Hohlraum, welcher aber mit den übrigen Räumen der Leibeshöhle in Verbindung steht, wie es (Fig. 14 auf Taf. XI) schon bei seinem Verlauf in den Radialien der Fall ist.

Die Genitalschläuche liegen zwischen dem ventralen Integument und den Darmwindungen und treten zur Bildung eines unregelmäßigen Pentagons zusammen. Vertikalschnitte durch den Kelch lassen streckenweise Teile dieses annähernd ringförmig verlaufenden Genitalschlauches erkennen.

Der Genitalschlauch hat einen geringeren Durchmesser als in den Armen, er mißt nur 0,02 mm, während die Genitalröhre 0,01 mm dick ist. Diese letztere ist kreisrund auf dem Querschnitt, wie Fig. 7, Taf. XII zeigt. Der Bau des Schlauches ist sich gleich geblieben. Wir erkennen das Epithel, den inneren Zellenbelag, wenn auch weniger entwickelt, wieder und die großen Urkeimzellen. Einen Längsschnitt, tangential zum Geschlechtspentagon, giebt Fig. 6 auf Taf. XII. Dieselben Spindelzellen wie in den Armen (Fig. 9) bewirken auch hier die Anheftung des Genitalschlauches in den ihn umgebenden Hohlraum. Die Genitalröhre selbst ist nur an zwei Stellen vom Schnitt getroffen worden.

Somit vereinigen sich bei den Crinoiden ebenso, wie ich dies für die Asteriden und Echiniden nachgewiesen habe, die Genitalschläuche im Kelch, und es fragt sich nun, ob sie in Verbindung stehen mit dem Ende des drüsigen Organes. Ich habe sie bis in die nächste Nähe desselben verfolgt; einen Übergang etwa des einen Organes in das andere nicht beobachtet. Daß aber ein gewisser Zusammenhang mit diesem Organ von Perrier bei jugendlichen Tieren beobachtet worden ist, darauf habe ich schon vorhin kurz aufmerksam gemacht.

2. Die Reifungsstätten der Urkeimzellen in den Pinnulae.

Wie wir sahen, sind die Genitalröhren mit Zellen erfüllt, welche als Urkeimzellen zu bezeichnen [1]) sind und welche an

---

1) Hamann, Die wandernden Urkeimzellen und ihre Reifungsstätten bei den Echinodermen, in: Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 46, 1887.

bestimmten Orten — bei den Crinoiden in Seitenanhängen der Arme, den Pinnulae — sich weiter differenzieren.

Die Pinnulae rekapitulieren bekanntlich den Bau der Arme, indem sich Nerven, Wassergefäß, Leibeshöhle von den Armen aus in dieselben fortsetzen. Der Übergang des Genitalschlauches mit der Genitalröhre in eine Pinnula läßt sich aus Fig. 3, Taf. XI leicht verfolgen. Der Schnitt hat den Arm durchquert, die Pinnula infolgedessen der Länge nach getroffen. Die Bezeichnungen in der Figur sind dieselben wie in Fig. 2 derselben Tafel. Mit *G* ist der Genitalschlauch mit Röhre bezeichnet, er setzt sich in die Pinnula fort und schwillt hier an, *H*. Dieser Buchstabe bezeichnet den Teil des Genitalschlauches, welcher die reifenden Urkeimzellen birgt. Der Genitalschlauch ist, wie Ludwig dies bereits geschildert und abgebildet hat, ungemein angeschwollen, und die reifenden Urkeimzellen haben die Genitalröhre ausgedehnt, welche jetzt dem Schlauche eng anliegt. Ihr Lumen ist entweder mit den reifenden Spermazellen oder den Eizellen erfüllt. Der Hohlraum endlich, in welchem der Genitalschlauch liegt, kann von letzterem ganz ausgefüllt sein, so daß er kaum noch erkennbar ist.

Im einzelnen sind die Verhältnisse aber verwickelter, als wie es bisher der Fall zu sein schien. Wie Taf. XII, Fig. 3 (Querschnitt durch eine Pinnula von A. Eschr.) zeigt, liegen die aus den Urkeimzellen sich bildenden Eizellen peripher, die reifen Eier aber im Zentrum. Nach Ludwig stellt nun das ganze Gebilde, dessen Wandung in der Figur mit *GS* bezeichnet ist, die Genitalröhre vor, welche sich (vergl. Fig. 9 *GR*, Genitalröhre) so ungemein vergrößert hat, daß sie den Hohlraum des Genitalschlauches verengt hat.

Die Stadien, welche Ludwig (Taf. XIII, Fig. 10) und Vogt (a. s. O., p. 575, Fig. 285) abbilden, zeigen uns die sich aus den Urkeimzellen differenzierenden Eizellen, der Wandung des Genitalschlauches anliegend. Sie werden von einem Follikelepithel umhüllt, welches von den der Eizelle nächstgelegenen Zellen gebildet wird. Dieser Angabe kann ich nicht beipflichten. Ein Follikelepithel, wie es den Holothurien zukommt, finde ich nicht bei den Crinoiden, da der Zellenüberzug nur gelegentlich auftritt.

In einem weiteren Stadium treffe ich bei A. rosac. im Genitalschlauch überhaupt kein Lumen mehr an; er ist vollständig solid geworden und wird von den großen Eizellen, die anfangs noch ihr Keimbläschen zeigen, erfüllt; an der Peripherie lagern noch hier und da jüngere, kleine Eizellen, während unentwickelte

Zellen, welche wohl aus den Urkeimzellen, die sich nicht weiter entwickelten, hervorgegangen sein mögen, zwischen ihnen liegen.

Ein Außenepithel, welches das ganze solide cylindrische Gebilde umhüllt, ist stets wahrnehmbar. Es besteht aus abgeplatteten Zellen.

3. Die Reifung der Eier von Anted. Eschrichti.

Sobald die Eier ausgewachsen sind, geraten sie in den zentralen Hohlraum und füllen diesen oft ganz aus. Fig. 3 auf Taf. XII zeigt solche reife Eier, welche bei A. Eschr. einen Durchmesser von 0,3 mm haben. Eine Dotterhaut hebt sich um dieselben durch dunklere Färbung ab. Prüfen wir nun diese Eier weiter, so finden wir, daß sie ihr Keimbläschen verloren haben, und daß an Stelle desselben ein 0,01 mm großer, kugliger Eikern von homogenem Aussehen liegt (Fig. 4[a] *ek*). Weiter liegen der Eiperipherie auf zwei Richtungskörperchen, welche sich mit Karmin dunkler färben als der Eikern. Das zweite Körperchen besitzt eine ovale Gestalt und zeigt mehrere Chromatin-Körnchen. Es sitzt der Peripherie mit seiner Längsachse senkrecht auf.

Somit reifen die Eier vor ihrem Austritt aus der Pinnula, sind also sofort fähig, befruchtet zu werden. Die Angabe von Vogt und Yung [1]) ist damit zurückzuweisen. Diese Forscher beschreiben, daß bei A. rosac. das Ei noch mit dem Keimbläschen versehen, also im unreifen Zustande austritt. Die Richtigkeit dieser Beobachtung wird schon durch die Mitteilung von Jickeli [2]) in Frage gezogen, welcher beschreibt, daß geschlechtsreife Individuen, welche Eier und Samen austreten lassen, eine Kopulation ausführen, indem sie sich mit ihren Armen umschlingen. Es erfolgt also die Verschmelzung von Ei und Samenzelle unmittelbar nach ihrer Entleerung, das Ei muß aber, um befruchtet zu werden, reif sein, d. h. die Richtungskörper gebildet haben.

4. Die Genitalöffnungen.

Die Frage nach den Genitalöffnungen ist noch nicht gelöst. Teuscher [3]), welchem wir die Kenntnis der männlichen Öffnungen verdanken, nimmt an, daß die weiblichen durch Ruptur der Wan-

1) Vogt und Yung, a. o. O., pag. 574.

2) Jickeli, a. o. O.

3) Teuscher, Beiträge z. Anat. d. Crinoiden, in: Jen. Zeitschr., Bd. 10, 1876.

dung der Pinnula entstanden seien, eine Meinung, welcher sich Ludwig [1]) nicht anschließt, vielmehr diese Frage unentschieden läßt. Nach Vogt und Yung sollen die Eier vielleicht durch Dehiscenz austreten, doch drücken sie sich sehr vorsichtig aus. Aus diesen Angaben geht vor allem das Eine hervor, daß die weiblichen Öffnungen immer erst nach dem Austritt der Eier beobachtet wurden. Bis zu dieser Zeit trifft man keine Öffnungen, wohl aber sind die Orte für dieselben vorgebildet. Fig. 3, Taf. XII zeigt an zwei gegenüberliegenden Stellen der Seitenwände Hervorragungen der Pinnulawandung. Zugleich ist die Wandung an diesen kuppelförmig hervorgestülpten Stellen sehr verdünnt.

Diese bei Oberflächenbetrachtung durch ihre Lage leicht erkennbaren präformierten Ausführgänge lassen später die Eier austreten, sobald die Reifung sämtlicher Eier vollendet ist. Dann erfolgt durch den Druck derselben die Öffnung und Ruptur der verdünnten Wand. Ich zweifle nicht, daß auch bei A. rosac. dieselbe Entstehung der Ausführgänge sich wird feststellen lassen.

Die männlichen Ausführgänge sind an den gleichen Stellen der Spermazellen produzierenden Pinnulae gelegen. Abbildungen derselben finden sich bei Teuscher und Ludwig [2]).

Kapitel 7.

Die Muskulatur und die Bindesubstanz.

Es sind nur wenige Angaben vorhanden, welche sich mit dem Bau der Muskelfasern beschäftigen. Die älteren Forscher haben sich darauf beschränkt, die Anordnung und das Vorhandensein von Muskeln genau zu beschreiben, so vor allem Joh. Müller und W. B. Carpenter [3]). Ludwig bereicherte unsere Kenntnisse durch einige den feineren Bau berührende Beobachtungen, während Jickeli in einer vorläufigen Mitteilung sich über dieselben äußerte.

---

1) Ludwig, Crinoiden, Morph. Studien, Bd. 1, pag. 38.

2) Ludwig, Taf. XVIII, Fig. 45, Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 28.

3) W. B. Carpenter giebt bereits im Jahre 1866 (Phil. Trans. Pl. 43, Fig. 4) eine gute Abbildung der Muskelfasern, indem er auch den länglich-ovalen, peripher gelagerten Kern gesehen hat. Daß seine Deutung zu jener Zeit eine andere sein mußte, als sie jetzt ist, ist selbstverständlich.

Immerhin stehen bisher genauere Untersuchungen und Abbildungen noch aus, so daß die folgenden Resultate eine Lücke auszufüllen imstande sind.

Nach Ludwig [1]) bildet die Muskelfaser ein schmales, langes Band, welches an den Enden unbedeutend verbreitert ist. Die einzelnen Fasern sind nicht verästelt und haben die Länge des ganzen Muskelbündels. An jeder Faser wird ein Kern beschrieben, welcher derselben außen aufliegt. Eine feinere Struktur wurde an den Fasern nicht beobachtet. Weiter wurden von Ludwig die Fäden, welche sich in den Wassergefäßen quer ausspannen und deren Lumen durchsetzen, als Muskelfäden angesprochen. Auf diese wie andere Angaben komme ich nochmals zu sprechen.

Ich teile — nach Untersuchung der Muskulatur sowohl bei Antedon, Actinometra und Pentacrinus — dieselbe ein in drei verschiedene Gruppen.

Ich unterscheide:

1) die Epithelmuskelzellen, welche nur im Wassergefäßsystem auftreten;
2) glatte, längsgestreifte Muskelfasern, welche denen der übrigen Echinodermen gleichen und epithelialen Ursprungs sind;
3) kontraktile Spindelzellen, wie solche ausschließlich in den Cirrhen und sodann in den Armen als Antagonisten der unter 2 genannten Muskulatur auftreten.

1. Die Epithelmuskelzellen.

In der Wandung der Wassergefäße — Ringkanal wie Verzweigungen — treten Muskelfasern auf, welche parallel zur Achse der Gefäße verlaufen, oder aber sich quer durch das Lumen ausspannen. Diese letzteren Fasern wurden von Perrier [2]) zuerst beschrieben; ihre Natur jedoch weder von ihm noch von Teuscher [3]), welcher sie später schilderte, erkannt, bis Ludwig [4]) dieselben als Muskelfäden besprach.

Die Muskelfäden der Wandung hängen, wie ich zuerst mich bei Anted. rosac. überzeugte, noch zusammen mit den das Lumen

1) a. o. O., Crinoiden, pag. 40.

2) Recherches sur l'anatomie et la régénération des bras de la Comatula rosacea, in: Arch. zool. expér. et gén., Bd. 2, 1873.

3) Beiträge zur Anatomie der Echinodermen, 1. Comatula mediterranea, in: Jen. Zeitschr. f. Naturw., Bd. 10, 1876.

4) Crinoiden, pag. 16.

des Wassergefäßsystems auskleidenden Epithelzellen. Tangentialschnitte durch die Wandung eines Gefäßes, auf welchen man auch das Epithel mitsamt den Muskelfäden in der Flächenansicht erhält, zeigen ein Bild, wie es in Fig. 12 auf Taf. VII wiedergegeben ist. Es hat zunächst den Anschein, als ob sämtliche Epithelzellen eine spindlige Gestalt besäßen. In Wahrheit jedoch — davon überzeugt ein Querschnitt durch ein Wassergefäß, Fig. 10 auf Taf. IX — sind die Epithelzellen kubisch, und lassen sich die Grenzen der Zellen gegeneinander streckenweis deutlich feststellen. An der Basis hat der Zellleib jedoch in der Richtung der Achse des Wassergefäßes eine Muskelfaser ausgeschieden, und auf diese Weise ist das Flächenbild in Fig. 12 zu erklären. Die einzelnen Muskelfäden besitzen keine bedeutende Länge, wie an den quer das Lumen durchziehenden unschwer festzustellen ist. (Fig. 10, Taf. IX.)

Die Länge dieser queren Fäden beträgt bei Ant. rosac. 0,02—0,03 mm. Auch diese Muskelzellen machen einen spindligen Eindruck. In Wahrheit liegt aber die Muskelzelle seitlich, was aber bei der Kleinheit des Objekts wenig hervortritt. (Fig. 12, Taf. VII.) Denselben Bau der Muskelzellen fand ich besonders gut bei Ant. Eschrichti vor.

Ludwig's Beschreibung der quer aufgespannten Muskelfäden stimmt mit der meinigen vollkommen überein, nur seine Deutung ist eine andere. Er beschreibt, wie an jedem Muskelfaden ein Kern liegt, welcher „von der Seite gesehen über den sonst geradlinigen Kontur des Fadens merklich" hervorspringt, glaubte aber, daß dieser „Kern" auf einen dünnen Epithelüberzug der Fäden zu beziehen sei. Da ich nun auch die übrigen Muskelzellen der Wandung als epitheliale erkannt habe, so ist eine andere Deutung wohl nicht mehr möglich.

Man findet die queren Muskelfäden oder Muskelzellen in den verschiedensten Zuständen der Kontraktion. Sie können an einzelnen Stellen so stark kontrahiert sein, daß ihre Länge kaum die Hälfte der oben angegebenen Größe beträgt. Dann ist das Gefäß dementsprechend verengt. Sowohl diese queren als auch die Muskelzellen in der Wandung sind an ihren Enden zugespitzt, wie Klopfpräparate von entkalktem Material erkennen lassen.

2. Die glatten längsgestreiften Muskelfasern.

Die Bewegung der einzelnen Armglieder geschieht in erster Reihe von diesen an Spirituspräparaten bräunlich erscheinenden

Fasern. Auf Querschnitten durch die Arme, welche zwischen je zwei Glieder geführt sind, treten sie sofort in die Augen (Fig. 3 auf Taf. XI, Schnitt durch einen Arm und eine Pinnula, *M* Muskulatur). Je zwei solcher Muskelmassen, welche als Ventralmuskeln der Arme bezeichnet werden können, treten zwischen je zwei Armen auf. Ihre eigentümliche Gestalt kann man am besten auf dorsoventralen Längsschnitten durch den Arm erkennen.

Die einzelnen Muskelfasern färben sich mit Karmin tief dunkel und treten deutlich hervor, da die Bindesubstanz vollständig ungefärbt erscheint. Ihre Gestalt läßt sich an Querschnitten durch die Arme bereits feststellen. Auf solchen sieht man, daß die einzelnen Fasern von bandförmiger Gestalt sind (Fig. 8, Taf. XI) und in Gruppen angeordnet stehen. Es kann die Anzahl der Fasern, welche kreisförmig um ein Zentrum gelagert sind, eine sehr verschiedene sein. Bei Anted. Eschrichti ist die Zahl meist sehr groß. Zwischen den einzelnen Muskelfasergruppen erkennt man die Bindesubstanz, welche in ihrer glasig-hellen Grundsubstanz nur hier und da Zellen erkennen läßt. Auch der zentrale Raum wird von letzterer erfüllt. Weiter lassen sich die Nervenfibrillen deutlich in der bindegewebigen Grundsubstanz in ihren Verzweigungen erkennen.

Wie aus der Figur 8 hervorgeht, stoßen die Muskelfasern mit ihren Breitseiten eng aneinander, während die zu ihnen zugehörigen Kerne meist nach innen gelagert sind. Zerzupft man einen Teil eines ventralen Armmuskels, so erhält man die einzelnen Muskelfasern leicht in Zusammenhang, wie Fig. 6 auf Taf. XI wiedergiebt. Zerzupft man solche Fasern weiter, so zerfallen sie leicht in eine Anzahl feinerer, dünner Fäserchen. Dieser Zerfall entspricht einer an der lebenden Muskelfaser schwach wahrnehmbaren Längsstreifung.

Die Bildungszelle der Muskelfaser ist bis auf den Zellkern verschwunden. Man überzeugt sich jedoch leicht, daß einer Faser nicht nur ein, sondern vielmehr mehrere Zellkerne zukommen, welche in annähernd gleichen Abständen den Fasern außen aufliegen und eine länglich-ovale Gestalt haben (Fig. 6 *b*, Taf. XI). Bei Anted. Eschrichti sind diese Kerne sehr groß (Fig. 8), während sie bei Anted. rosac. schmächtiger und kleiner sind (Fig. 9, Taf. XI).

Die größte Stärke der Muskelfasern beträgt bei schwacher Kontraktion 0,05 mm, die Länge des Kernes 0,04 mm (Anted. rosac.).

3. Die spindligen Muskelfasern.

Als Antagonisten der ventralen Armmuskeln treten uns eigentümliche Fasergruppen entgegen, welche mit den in den Cirrhen vorkommenden Fasern übereinstimmen.

Diese Fasern sind durch ihr Aussehen bereits in frischem Zustande von den soeben beschriebenen Muskelfasern zu unterscheiden, da ihnen die diesen zukommende dunkle bräunliche Farbe fehlt.

Den Cirrhen, den beweglichen Ranken des Kelches, welche an ihren Spitzen große, gekrümmte Haken tragen, kommt diese Art von Muskulatur allein zu.

Die in Chromsäure entkalkten, mit neutraler Karminlösung gefärbten und dann geschnittenen Arme lassen diese dorsal gelagerten Muskelfasern, welche streng parallel zu einander verlaufen, als gefärbte Masse hervortreten. Sie sind einen Ton heller gefärbt als die ventrale Muskulatur, aber von den eigentlichen Bindesubstanzfibrillen, welche sich gar nicht oder kaum merkbar tingieren, sofort zu unterscheiden.

Haben wir aber überhaupt diese Fasergruppen als echte Muskelfibrillen zu bezeichnen und nicht als elastische Fasern? Neuere Untersucher sprechen sie einfach als dorsale Muskelfasern an, wie Vogt, ohne jedoch eine Begründung zu geben oder aber den Bau zu schildern.

Was mich dazu führt, diese Fasern als muskulös in Anspruch zu nehmen, ist folgendes. Ihr Bau, den ich sofort zu beschreiben habe, stimmt ganz überein mit den in den Cirrhen auftretenden Fasern, und diese sind unzweifelhaft muskulös. Wir sehen, wie sich die Ranken mit Hilfe dieser Fasern bewegen, krümmen und sich mit ihren scharfen Krallen an Gegenständen festzuhalten imstande sind. Auch an den Schnittpräparaten sehen wir die verschiedensten Kontraktionszustände vor uns. Joh. Müller[1]) hat diese Fasern als Interarticularsubstanz bezeichnet, indem er den Cirrhen jede Muskulatur absprach, wie er auch die dorsalen Muskelgruppen der Arme nur als Gelenknähte auffaßt.

Jickeli hat in der schon mehrfach citierten vorläufigen Mitteilung den Cirrhen Muskelfasern zugeschrieben und diese ebenfalls als Spindelzellen geschildert. Seine weiteren Angaben aber über Schrägstreifung kann ich ohne Abbildungen nicht verstehen.

1) Joh. Müller, in: Abhandl. d. Berl. Akad. 1841.

Isoliert man die dorsalen Muskeln, so erhält man Fasern, wie sie Fig. 7 auf Taf XI zeigt. Die Fasern sind bis 0,4 mm und darüber lang und sind kontraktile Faserzellen. Die Zelle ist an zwei Polen spindlig ausgezogen und an den Enden pinselförmig zerfasert, was bei den braunen glatten Dorsalfasern nicht der Fall war. In den Cirrhen sind diese Faserzellen kleiner, wie Fig. 10 auf Taf. XI erkennen läßt, welche isolierte Cirrhen-Muskelfasern von Anted. rosac. wiedergiebt. In Fig. 5 ist ein Querschnitt durch einen Cirrhus gezeichnet, welcher durch die Muskulatur — deren Lage auch aus dem Längsschnittbild in Fig. 4 sich erkennen läßt — hindurchgeht. Außer den mit *qu* bezeichneten, der Länge nach verlaufenden Fasern finden sich an den Seiten schräg verlaufende, deren Bau jedoch derselbe ist.

Die einzelnen Faserzellen sind zumeist zu Bündeln vereinigt, wie Fig. 11, Taf. XI zeigt. An ihren Enden strahlen sie wie die dorsalen Fasern der Arme pinselförmig aus. Bei Actinometra pulchella können diese Muskelfasern in den Armen eine Länge von 0,5 mm, in den Cirrhen von 0,2 mm erreichen.

Ob man die Fasern in den Syzygien — das sind die Nahtverbindungen, welche zwei Armglieder an Stelle der Muskulatur verbinden können — ebenfalls für muskulös erklären will oder nicht, das hängt gänzlich vom Belieben ab. Eine strenge Grenze zwischen elastischer Faser und kontraktiler Spindelzelle kann ich nicht auffinden. Natürlicher erscheint es mir aber, wenn man die Armnähte als nur aus elastischen[1]) Fasern bestehend ansieht, denen allerdings ein gleicher Bau zukommt wie den kontraktilen Faserzellen.

4. Die Bindesubstanz.

An denjenigen Stellen, an welchen Kalkplatten sich in der Intercellularsubstanz entwickelt haben, erhält man nach Entfernung derselben die Bilder, welche uns aus der Untersuchung der Ophiuren, Asteriden bekannt sind. Wir können diese Modifikation der Bindesubstanz mit Haeckel als Chlatralgewebe bezeichnen. Es zeigt sich bei den Crinoiden in verschiedener Ausbildung. Im einen Fall wird das Netzwerk von wenigen mit einander eng verbundenen Fibrillen gebildet, wobei dieselben als Fortsätze von sternförmigen Zellen, welche in den Knotenpunkten des Maschenwerkes liegen, anzusehen sind. Im anderen Fall ist

1) Vergl. Joh. Müller, Über den Bau des Pentacrinus caput medusae, Abhandl. d. Berl. Akad. 1841.

das Netzwerk sehr entwickelt, und die Lücken, in denen der Kalk abgelagert war, sind von geringer Ausdehnung. Dann lassen sich die Fibrillen in der unverkalkt gebliebenen Grundsubstanz leicht nachweisen, indem sie bald diese ganz verdecken, bald nur in geringer Menge vorhanden sind.

Am besten läßt sich der Zusammenhang der Fibrillen mit Zellen in der Wandung des Enddarmes nachweisen. In der gallertartigen Grundsubstanz, welche mehr oder weniger fein granuliert erscheint, liegen spindlige und sternförmige Zellen. Ihre Fortsätze strahlen nach den verschiedensten Seiten durch die Grundsubstanz und treten an einzelnen Punkten in Verbindung untereinander. Sobald die Fibrillen in einer Richtung parallel zu einander verlaufen, erhält das Gewebe, wenn die Fibrillenmasse zunimmt, eine knorpelähnliche Konsistenz, wie teilweise die innere Schicht der Cutis dies erkennen läßt.

Amöboide Plasmazellen sind bei allen Formen vorhanden und an einzelnen Punkten zahlreich angehäuft. Bei Antedon Echrichti treffen wir in den Armen 0,01 mm große Zellen an, welche bald einen, bald mehrere Fortsätze zeigen, bald mehr kuglig gestaltet sind. Ein kreisrunder Kern von 0,002 mm Größe liegt in der gekörnten Zellsubstanz. Bei Anted. rosac. färbt sich die Zellsubstanz nicht, sondern läßt nur ein Netzwerk erkennen, in welchem der tief tingierte Kern liegt. Diese Angaben gelten für mit Alkohol konservierte und 14 Tage in Chromsäure von $^1/_2\,^0/_0$ entkalkte Tiere. In der Umgebung des dorsal gelagerten Teiles des mesodermalen Nervensystems treten sie zahlreich auf.

Pigmentzellen, wie frei gelagertes Pigment in Körnchen tritt in der Cutis wie an den verschiedensten anderen Stellen auf.

An dieser Stelle will ich die „kugeligen Körper“ oder Sacculi besprechen, jene Gebilde, über deren Wert wir noch immer im Unklaren sind. Sie finden sich nach W. B. Carpenter, und ich kann dies bestätigen, allein bei der Gattung Antedon vor. Neuerdings haben Vogt und Yung die Meinung ausgesprochen, daß diese Gebilde parasitär seien, niedere Algen. Mir machen sie vielmehr den Eindruck, als handle es sich um ein amorphes Sekret. Dafür spricht auch die verschiedene Gestaltung. Bald liegt eine Anzahl kugliger Ballen eng aneinander, von denen jeder wieder in kleinere Kugeln, oder ovale Körperchen zerfallen kann. Entfernt man diese Exkretballen, so bleibt ein Hohlraum in der Bindesubstanz zurück, welcher von einer Membran ausgekleidet

wird. Die Untersuchung am frischen Material kann allein die Funktion dieser Ballen erkennen lassen.

Eine eigentümliche Modifikation der Bindesubstanz finde ich bei Actinometra. Carpenter[1]) spricht von Hohlräumen in der Bindesubstanz der Pinnula. In Fig. 4, S. 113 und Fig. 5, S. 121 bildet er dieselben ab. Es handelt sich nun nicht um leere Hohlräume, sondern vielmehr um Zellenanhäufungen von eigentümlicher Gestalt.

Im Kelch von Actinometra pulchella treten auf der Rückenseite wie an den Seiten der Arme, auch unterhalb des Epithels des After-Schornsteines Zellenklumpen auf, als helle, mehr oder weniger eiförmige Gebilde. Diese Zellen, welche zu etwa fünf bis mehr zusammenliegen, trifft man unmittelbar unter dem Körperepithel, wie Fig. 14 auf Taf. XII zeigt. Die einzelne Zelle stellt eine Blase dar, welche eine dünne Membran besitzt, in welcher die Zellsubstanz eingeschlossen ist. Erfüllt wird die Zelle von einer wasserklaren Flüssigkeit, welche nicht tingierbar ist. Ein kugliger Zellkern liegt mehr oder weniger zentral von wenig Plasma umgeben, welches sich in Gestalt von Pseudopodien nach der Wandung erstreckt und die Anheftung des Kernes besorgt. Eine isolierte Zelle aus einem Klopfpräparat zeigt Fig. 18. Die Wandung erscheint an solchen isolierten Zellen oft stark gefaltet.

Solche Zellhaufen, deren Bedeutung mir noch unklar ist, treten in der Wandung der Pinnulae bei sämtlichen untersuchten Actinometra-Arten auf. Bei der Gattung Antedon habe ich vergeblich nach diesen Zellen gesucht, welche an die sogenannten chordaähnlichen Knorpelzellen der Coelenteraten erinnern. Vielleicht kommt ihnen eine ähnliche Funktion wie diesen Zellen, welche in der Achse der Tentakeln gelegen als Antagonisten der Längsmuskelfasern wirken, indem sie vornehmlich die Ausstreckung des Tentakels besorgen.

Kapitel 8.

Der Darmtraktus.

Der Darmtraktus ist in seinem Verlaufe wie feineren Bau öfter geschildert worden, so daß ich nur da, wo ich neue Daten hinzuzufügen habe, auf denselben näher eingehen werde.

1) P. H. Carpenter, Challenger-Crinoiden P. 1.

Das Epithel, welches den Darmtraktus auskleidet, setzt sich an der Mundöffnung wie am After in das Körperepithel fort. Es ist nicht im ganzen Verlauf des Darmes dasselbe, wie Vogt und Yung meinen, sondern im Afterdarm ist der Bau ein anderer.

Auf Längsschnitten durch die Mundöffnung sieht man, wie das Epithel der Wimperfurchen sich direkt in den Schlund fortsetzt. Es besteht aus 0,1 mm langen, haarförmigen Zellen, deren Kerne bald peripher, bald mehr in der Mitte, oder in der Basis der Zellen gelegen sind. Eiförmige, 0,01 mm lange Becherdrüsen, deren Inhalt ungefärbt bleibt, liegen peripher, während eine Nervenfibrillenschicht an der Basis der Zellen verläuft, wie Fig. 11, Taf. VIII zeigt. Isoliert man Zellen dieses Schlundepithels, so sieht man, daß die senkrecht die Nervenschicht durchsetzenden Fasern basale Fortsätze derselben sind, welche bis daher im Gegensatz zu den übrigen Zellen als Stützzellen anzusprechen sind. Die basalen Fortsätze der zweiten Zellform sind viel feiner, reißen leicht ab und verhalten sich im übrigen wie die Nervenfibrillen, zwischen denen sie sich verfolgen lassen.

Unterhalb dieser Epithelschicht liegt eine kaum wahrnehmbare Lage von Bindesubstanz, und hierauf im Schlund eine gut entwickelte Ringsmuskelschicht und das denselben überziehende Coelomepithel. Die Muskelschicht ist nur im Anfangsteil des Schlundes erkennbar, wo das Epithel wulstförmig in das Lumen hervorspringt.

Die Nervenschicht nimmt, je tiefer man im Darme herabsteigt, an Ausdehnung ab und läßt sich im Enddarm mit Sicherheit nicht mehr nachweisen.

Die Zellen des gesamten Darmtraktus, ausgenommen die Afterröhre, flimmern. Eine Cuticula findet sich nicht, es sitzen aber die einzelnen Wimpern mit kurzen Fußstücken den Zellen auf.

Waren die Muskelfibrillen im Anfangsteil des Schlundes in mehreren Schichten zur Bildung eines kräftigen Sphinkter angeordnet, so trifft man sie in Form einer einzigen Lage im übrigen Darm an. Bei Anted. rosacea ist sie schwer wahrnehmbar, bei den größeren Arten gelingt dies jedoch leicht. Bei Actinometra pulchella u. a. ist der Darm aus denselben Schichten aufgebaut und zeigt in seinen verschiedenen Windungen keine Abweichungen. Eine besondere Erwähnung verdient der Endabschnitt, der Afterdarm, oder wie er genannt, die Afterröhre, welche schornsteinartig sich auf der Oberfläche des Kelches erhebt.

Fig. 1, Taf. XII zeigt einen Längsschnitt durch die Afterröhre. Dieselbe stellt einen Cylinder dar, welcher in der ungefähren

Mitte bauchig erweitert ist. Die Wandung bietet einen absonderlichen Anblick, indem sie durchbrochen erscheint. Es kommt aber dieses eigentümliche Bild dadurch zustande, daß bei der Bildung der Afterröhre sich nicht nur der Darm, sondern auch die Körperwandung beteiligt, indem dieselbe schornsteinartig emporgehoben den Darm in sich schließt. Am Ende des Gebildes geht die Wandung des letzteren über in die Körperwand.

Die Afterdarmwandung ist mit der Körperwand durch in regelmäßigen Abständen abgehende bindegewebige Stränge oder Septen verbunden. Diese haben sämtlich eine bestimmte Anordnung und Bau, und so kommt das Bild zustande, wie es von A. rosac. Fig. 1 wiedergiebt. Bei anderen Arten dieser Gattung wie bei Actinometra (pulchella) ist die Bildung eine gleiche, so daß das Folgende für alle Crinoiden Geltung hat.

Die Afterwandung. Sie besteht aus denselben Schichten wie der übrige Darm, nur sind dieselben anders entwickelt. Zunächst ist das Epithel nur in der unteren Hälfte mit Wimpern versehen, während diese im übrigen Teil fehlen. Während nun aber die Epithelschicht, welche den Afterdarm auskleidet, an Höhe abnimmt, je näher man der Afteröffnung kommt, desto gewaltiger nimmt die Bindesubstanzschicht zu.

Die Epithelschicht unterscheidet sich im Endteil durch nichts von dem gewöhnlichen Körperepithel, in welches dasselbe auch an der Afteröffnung übergeht. Die Zellen lassen sich schlecht von der Bindesubstanz trennen, während dies bisher im übrigen Darm möglich war. Becherdrüsen sind in reicher Menge vorhanden.

Selbst wenn der Darm vollständig ausgestreckt ist, zeigt er in seiner Wandung Wülste, welche als Längswülste von der Öffnung an bis etwa zur Hälfte des Enddarmes sich verfolgen lassen.

Die Bindesubstanzschicht zeigt bei einem Durchmesser von 0,1 mm spindlige und sternförmige Zellen, die nach allen Seiten die Grundsubstanz durchziehen. Verkalkungen finden sich in ihr bei Anted. rosac. nicht vor.

Die Muskelschicht ist in Gestalt eines kräftigen Sphinkters entwickelt. Fig. 2 auf Taf. XII zeigt einen Längsschnitt durch die Darmwandung. Die einzelnen Stränge, welche die Verbindung zwischen derselben und der Körperwand herstellen, bestehen in ihrer Achse aus Bindesubstanz, welche sich einerseits mit der Cutis, andererseits mit der Schicht von Bindesubstanz zusammenhängt, welche nach außen von der Ringmuskulatur in der Darmwandung lagert.

Die Körperwandung, welche den Afterdarm wie eine Röhre umgiebt, zeigt bei unserer Art keine Verkalkungen in ihrer Bindesubstanzschicht. Ihre Schichten gehen an der Afteröffnung in die der Darmwandung über.

Nervenzüge ziehen von dem mesodermalen oralen Nervensystem und zwar von den Seitennerven der Wassergefäße aus und treten in die Bindesubstanzschicht der Afterröhre ein, um hier teils die Haut, teils die Muskulatur zu versorgen.

III. Teil.

Allgemeiner Teil.

Kapitel 1.

Kurze Zusammenfassung einzelner Resultate.

1. Ambulacral-Nervensystem.

Allen Echinodermengruppen kommt ein Nervensystem zu, welches in Gestalt eines Gehirnringes und einer Anzahl (fünf oder mehr) Nervenstämmen als ambulacrales Nervensystem bezeichnet wird. Es liegt dasselbe bei den Asteriden und Crinoiden dauernd in dem Ektoderm, während bei Echiniden, Holothurien und Ophiuren seine Lagerung eine andere ist. Wir finden dasselbe in der Cutis, meist von besonderen Hohlräumen, Schizocoelräumen umgeben.

Bei den Asteriden ist das Epithel, das in den Ambulacralrinnen der Arme liegt, verdickt und setzt sich zusammen aus Sinneszellen (Epithelsinneszellen) und Epithelstützzellen. Zwischen den senkrechten basalen Fortsätzen dieser Zellen verlaufen — in den Armen longitudinal, um die Mundöffnung ringförmig — die Nervenfibrillen mit ihren Ganglienzellen.

In derselben Weise finden wir bei den Crinoiden in den Tentakel- oder Ambulacralfurchen der Kelchoberfläche, der Ventralseite der Arme und der Pinnulae die Nervenfibrillenmasse im Ektoderm dauernd gelagert — wenigstens teilweise. Ein anderer Teil, darauf komme ich weiter unten, liegt mesodermal. Der Schlundring ist bei ihnen rückgebildet und verloren gegangen.

Bei den Ophiuren, bei Holothurien und Echiniden ist der Bau der radiären Nervenstämme und des Gehirnringes ein ähnlicher, indem, wie ich dies an verschiedenen Stellen ausgeführt habe, nicht nur die Nervenfibrillenmasse, sondern auch ein Teil des Epithels der Ambulacralfurchen mit derselben mesodermal zu liegen gekommen ist. Infolgedessen treffen wir Stützzellen auch in diesen Gruppen an, während ein Teil des peripheren Zellbelages unstreitig als Ganglienzellen anzusehen ist. Es ist der

Versuch gemacht worden, die Stützfasern der Epithelzellen der Nervenstämme für Blutkapillaren[1]) zu erklären, eine Erklärung, die schon dadurch zurückzuweisen ist, daß bei den Echiniden eine Blutlakune mit den Nerven nicht in Verbindung steht. Überdies können die Resultate von Lange[2]) und mir nicht ignoriert werden, denn uns beiden ist es gelungen, die Fortsätze mit dem Zellkörper in Verbindung zu treffen, freilich nicht allein auf Schnittpräparaten, sondern bei der Untersuchung von Isolationspräparaten.

Von größter Wichtigkeit ist die Thatsache, daß die Ambulacralnervenstämme der Ophiuren gegliedert sind und daß sowohl im dorsalen wie ventralen Zellbelag Ganglien vorhanden sind. Die Regelmäßigkeit im Abgange der Nervenzüge, welche von den Nervenstämmen austreten, wurde bei verschiedenen Gattungen beschrieben.

Bei Asteriden und Ophiuren hat Lange[2]) einen Zellbelag und Fibrillen auf der dorsalen Seite der Nervenstämme beschrieben, welche er für die alleinigen Nerven ansieht. Ludwig hat diese Meinung zurückgewiesen und ich hatte mich für die Asteriden angeschlossen. Bei der Untersuchung der Ophiuren hingegen bin ich, wie die Darstellung in diesem Hefte zeigt, zu anderen Resultaten gekommen. Eine wiederholte Prüfung meiner Präparate, sowie Anfertigung neuer Schnittserien lehrt aufs unwiederleglichste, daß wie bei den Ophiuren so auch bei den Asteriden dieser dorsale Zellbelag mit seinen Fibrillen nervöser Natur ist. Bei den Holothurien treffen wir ja ebenfalls die gesamte Nervenfibrillenmasse in 2 Gruppen geteilt, indem eine Membran zwischen beiden liegt, wie ich in Fig. 18 und Fig. 19 auf Taf. II, Heft 1 dieser Beiträge abgebildet habe. Diese innere, zentral gelegene Fibrillenmasse entspricht den Lange'schen Nerven bei Asteriden und Ophiuren, nur findet sich dieselbe bei Synapta nur in den radiären Nervenstämmen, nicht im Gehirnring.

2. Das ambulacrale und mesodermale Nervensystem der Crinoiden und sein Ursprung.

Während bei allen Echinodermengruppen sich ein Nervensystem findet, welches im allgemeinen aus einem Schlundring als Zentralorgan und davon austsrahlenden Nervenstämmen, den Ambula-

1) Sarasin, Ergebn. nat. Forsch., Ceylon H. 1, 1887, Wiesbaden.
2) Lange, in: Morphol. Jahrb. Bd. 2, 1876.

cral- oder Radialnervenstämmen sich zusammensetzt, tritt zu diesem Nervensystem bei den Crinoiden noch ein zweites Nervensystem mit einem besonderen Zentralorgan in der Rücken- oder aboralen und ein drittes in der oralen Körperwand. Während aber der dem Ambulacralnervensystem der übrigen Echinodermen homologe Teil epithelial gelagert ist, liegt der letztere im Mesoderm. Er besteht in einem mesodermalen, pentagonalen Schlundring und von ihm ausstrahlenden Nervenästen, von denen je zwei allemal ein Wassergefäß rechts und links begleiten, so daß, da in der Ventralwand der Arme ein solches verläuft, in jedem Arm und jeder Pinnula je zwei Längsnervenäste, welche parallel zur Armachse ziehen, zu liegen kommen.

Von diesen drei Teilen, von denen jeder ein Zentralorgan besitzt — mit Ausnahme des epithelialen Teiles — stehen nur die mesodermal gelagerten in direktem Zusammenhang, wenngleich nicht in Abrede gestellt werden kann, daß beispielweise Nervenfasern eines ventralen epithelialen (ambulacralen) Nerven mit denen eines ventralen, mesodermalen in den Tentakeln in Verbindung treten können.

Es fragt sich nun, sind diese drei Teile gesondert entstanden oder aber ist dieser ihr jetziger Zustand als sekundär aufzufassen.

Was nun den in der aboralen Körperwand gelegenen Teil anlangt, welcher sein Zentralorgan in der um das gekammerte Organ gelegenen Nervenmasse betrifft, so besitzt dieser ein homologes Gebilde bei keiner anderen Echinodermengruppe. Wohl aber kann man sich vorstellen, wie er zur Ausbildung gekommen ist. Daß seine Lagerung im Mesoderm eine sekundäre ist, setze ich voraus. Vielleicht entsteht er noch jetzt ontogenetisch im Ektoblast — wie das ambulacrale Nervensystem der Holothurien [1]). Phylogenetisch leite ich ihn vom Ektoblast ab und weise auf die Asteriden [2]) hin, bei denen ich in der Rückenwand im Epithel Nervenzüge nach allen Richtungen ziehend fand. Denken wir uns diese auch bei Echiniden noch epithelial gelagerten Nervenzüge der Rückenwand in das Mesoderm treten und um das Ende des gekammerten Organes sich gruppieren, so haben wir das dorsale Nervensystem eines Crinoiden zum mindesten als eine Bildung nachgewiesen, welche nicht ganz in der Luft steht, sondern bestimmten Bildungen bei den übrigen Echinodermen entspricht.

Wie aber soll man sich das orale mesodermale Nervensystem mit dem pentagonalen Schlundring und den Längs-

1) Nach Selenka bei Synapta, vergl. Heft 1 dieser Beiträge.
2) Heft 2 dieser Beiträge.

nerven der Arme und Pinnulae, die sämtlich im Bindegewebe liegen, entstanden denken?

Ich leite diesen Teil des Nervensystems ab vom ambulacralen Nervensystem der Crinoiden und finde einen Beleg dafür darin, daß das letztere nur noch rudimentär sich im Epithel erhalten hat. Es fehlt dem ambulacralen Nervensystem, welches als Längsnervenstämme in den Tentakel(Ambulacral-)rinnen der Arme und Pinnulae auftritt, ein Zentralorgan, das heißt ein Schlundring, wie ich mit Jickeli (und Vogt) gegen Ludwig u. a. konstatieren muß. Die ambulacralen Längsnervenstämme verlaufen gegen die Mundöffnung und ordnen sich nicht kreisförmig um diese an, sondern steigen in der Wandung des Schlundes herab, indem sie sich in dieser ausbreiten und so eine gemeinsame Schicht bilden.

Aber nicht nur das Zentralorgan ist verloren gegangen, auch die ihre Lagerung im Epithel beibehalten habenden ambulacralen Nervenstämme sind sehr gering entwickelt im Vergleich mit den homologen Nerven der übrigen Echinodermen.

Ich nehme deshalb an, daß der mesodermale pentagonale Schlundring aus dem Epithel — in welchem er vielleicht noch ontogenetisch entsteht — in das Mesoderm zu liegen gekommen ist und seine Verzweigungen in ähnlicher Weise entstanden sind, wie die eigentümlichen, in bestimmten Intervallen aus den Ambulacralnerven einer Ophiure austretenden Intervertebralnervenäste, welche ich im ersten Teile dieses Heftes geschildert habe. Während die letzteren aber noch in Zusammenhang geblieben sind mit ihrer Ursprungsstätte, haben sie bei den Crinoiden diesen aufgegeben. Es ist demnach meiner Ansicht nach das von mir als das ventrale (orale) Nervensystem geschilderte Organ vom Ambulacralnerv herzuleiten; für eine gesonderte Entstehung, welche a priori nicht unmöglich wäre, spricht aber nichts. Ebensowenig ist man gezwungen, eine solche für das dorsale System anzunehmen.

Für eine solche Ableitung spricht noch weiter die Übereinstimmung im Bau, welchen die drei Teile zeigen. In allen drei Teilen, in ihren Zentralorganen wie den peripheren Verzweigungen, sehen wir die gleichen Nervenfibrillen und Ganglienzellen, welche zu Bündeln angeordnet sich verästeln, ohne daß etwa die Fibrillen irgendwo sich zu höheren Einheiten wie Nervenfasern sonderten. Während zwischen dem epithelialen, ambulacralen Nervensystem und den übrigen Teilen ein direkter Zusammenhang nicht besteht,

so ist ein solches zwischen dem ventral und dorsal gelagerten vorhanden, wie ich oben schilderte.

3. Das periphere Nervensystem und die Sinnesorgane.

Die Untersuchungen über das periphere Nervensystem werden über mehr Arten, als mir zur Verfügung standen, ausgedehnt noch viele schöne Resultate ergeben.

Bei den Asteriden habe ich in der Dorsalwand nach den verschiedenen Richtungen verlaufende, auf dem Querschnitt kreisrund erscheinende Nervenzüge gefunden, welche sämtlich epithelial angeordnet waren. Ich habe solche bereits 1883 [1]) beschrieben und bin dann ausführlich auf diese Nervenzüge im ersten Heft zurückgekommen. Ihre Ganglienzellen wie ihr Verlauf finden sich ebenda (Heft 1, pag. 9—11) geschildert. Als besondere Sinnesepithelien wurden die Enden der Füßchen der verschiedensten Arten gefunden. Epithelsinneszellen konnten nachgewiesen werden. Bei Holothurien, Ophiuren, Echiniden und Crinoiden ist der Zusammenhang der Nerven, welche ja ihre epitheliale Lagerung aufgegeben haben, mit dem Epithel nur noch an besonderen Körperstellen erhalten geblieben; an diesen Stellen aber sind ebenfalls Epithel-Sinneszellen nachweisbar [2]).

Bei Synapta digitata traf ich überall in der Haut zerstreut Tastpapillen an, zu welchen Nervenzüge von den Längsstämmen traten. Weiter konnte ich auf der Innenseite der Tentakeln eigenartige Sinnesorgane, die ich als Sinnesknospen aufführte, nachweisen [3]). Die Baur'schen Gehörbläschen war ich nicht so glücklich am lebenden Tier untersuchen zu können. Ich hatte das mit Säuren konservierte Material vor mir und fand die Gehörsteine nicht auf. Glücklicher ist Semon [4]) gewesen, welcher dieselben in Neapel untersuchen konnte und sie als zweifellose Gehörorgane erkannte. Somit wären wir auch über diese Organe jetzt im klaren, deren Funktion so lange eine bestrittene war.

---

1) Diese in der Zeitschr. f. wiss. Zoologie, Bd. 39, 1883 erschienenen beiden Abhandlungen tragen denselben Titel wie diese Beiträge, enthalten aber teilweise Resultate, welche hier nicht wieder aufgenommen sind. Das Gleiche gilt von den Abbildungen.

2) Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 39, 1883.

3) Heft 1 dieser Beiträge.

4) Semon, Beiträge zur Naturgeschichte der Synaptiden des Mittelmeers, in: Mitteilung. d. zoolog. Stat. Neapel, Bd. 7, 1887.

Bei den Crinoiden fand ich ebenfalls Nervenendigungen im Epithel der Haut, wie auch die Sinnesknospen auf den Tentakeln als Sinnesorgane mit Jickeli[1]) erkannt wurden.

Eine reiche Ausbeute von Nervenendigungen boten die Echiniden, indem ich auf den Pedizellarien Sinnesorgane in verschiedener Bildung auffand. Am Fuße jedes Tentakels wurde ein Nervenring beschrieben, ebenso wie an der Basis der Sphäridien.

Bei den Ophiuren ist das periphere Nervensystem geradezu unerhört entwickelt, wie man schon aus den physiologischen Untersuchungen von Preyer[2]) erwarten durfte. Besondere Sinnesknospen konnten bei Ophiotrix beobachtet werden. Sie stehen auf den Tentakeln in großer Anzahl. Die Nervenendigungen im Epithel gleichen den bei Crinoiden gefundenen.

Als besondere Sinnesorgane müssen die Füßchen in allen Gruppen gelten. Besonders aber die Rückenfüßchen der Holothurien, beispielsweise von Holothuria Polii[3]), wo ich sie früher beschrieben habe.

Ebenso ist der Fühler der Asteriden, den ich bei den Echiniden wiederfand, als Sinnesorgan in Betracht zu ziehen. Augenflecke fanden sich nur bei Seesternen vor, den Seeigeln mangeln sie, wie auch P. u. F. Sarasin[4]) gefunden haben (siehe Anhang dieses Heft).

4. Das Nervensystem im Darmtraktus.

Bei allen Gruppen fand ich ein Nervensystem im Darm vor, welches epithelial gelagert war. Nervenfibrillen und Ganglienzellen setzen dasselbe zusammen. Ein Zusammenhang mit dem Schlundring wurde in allen Fällen (Ausnahme Crinoiden) gefunden.

Die Elemente, welche das Nervensystem bilden, sind die Nervenfibrillen und die Ganglienzellen. Die ersteren sind feinste Fibrillen, welche auf dem Querschnitt punktförmig gestaltet sind. Sie laufen meist parallel zueinander.

---

1) Zoolog. Anzeiger, Jahrgang 7, 1884.

2) Preyer, Über die Bewegungen der Seesterne, eine vergl. physiolog.-psycholog. Untersuchung, in: Mitteil. d. zool. Stat. Neapel, Bd. 7, 1. u. 2. Hälfte. Auch separat, Berlin 1886.

3) Hamann, Abbildungen Taf. 20, Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 39, 1883, ebenda, Text pag. 309.

4) P. u. F. Sarasin, Die Augen und das Integument der Diadematiden, in: Ergebn. naturw. Forschung, Ceylon, Bd. 1, 1887.

Die Ganglienzellen sind hüllenlos und kommen in den verschiedensten Größen vor. Unipolare Zellen fand ich bei Crinoiden. Bi- und multipolare kamen allen fünf Gruppen zu.

Das Wassergefäßsystem.

In allen Gruppen besteht dasselbe aus einem Ringkanal und radiären Stämmen, sowie einem Zuführungskanal, dem Steinkanal und Madreporenplatte. Bei den Crinoiden ist die letztere zwar nicht vorhanden, aber wir haben Porenkanäle, welche die Haut durchbrechen und allerdings nicht direkt in den Steinkanal führen, sondern in oberflächlich gelegene Hohlräume des Enterocoels münden. Aus diesen Räumen nehmen die Steinkanäle die Flüssigkeit auf, um sie in das Wassergefäß zu führen.

Die Poren der Madreporenplatte sind stets offen. Muskeln zum Verschluß desselben fehlen.

Bei Asteriden, Echiniden und Ophiuren führen sämtliche Porenkanäle in den Steinkanal, nicht in benachbarte Räume. Nach einer kurzen Mitteilung von Durham [1]) sollen Porenkanäle in den schlauchförmigen Kanal sich öffnen. Ist letzterer nun ein Schizocoelhohlraum, so würde dieser mit der Außenwelt somit kommunizieren. Diese Angabe gilt für Cribrella ocellata. Welche Bewandnis es mit dieser Beobachtung hat, werden hoffentlich bald neue Untersuchungen zeigen.

Daß bei den Holothurien Steinkanal und Madreporenplatte in Ein- oder Mehrzahl zukommen, und daß diese denselben feineren Bau wie in den übrigen Gruppen zeigen, habe ich ausführlich dargelegt. Meist hat die Madreporenplatte den Steinkanal an seinem Anfangsteil umwachsen (vergl. Heft 1).

Ein großes Interesse bieten die Klappeneinrichtungen dieses Systems. Bei Asteriden waren sie schon länger bekannt. Bei Synapta digitata fand ich Semilunarklappen, wie ich dieselben nannte, am Eingange in die Tentakelkanäle. Ihr Vorkommen wie ihre Funktion sind von Semon [2]) bestätigt worden.

Den Ophiuren wie den Crinoiden fehlen die Klappen. Sie werden durch quer ausgespannte Muskelfasern, welche das Lumen der Gefäße durchziehen, ersetzt.

---

1) Durham, Madreporite of Cribrella ocellata, in: Proc. Roy. Soc., Bd. 43, 1888.

2) Semon, Beiträge zur Naturgeschichte der Synaptiden des Mittelmeeres, pag. 405, in: Mitt. Zool. Stat. Neapel, Bd. 7, 1887.

Die Geschlechtsröhren.

In einer besonderen Abhandlung [1]) habe ich gezeigt, wie allen fünf Echinodermengruppen Genitalröhren zukommen, in denen Urkeimzellen sich befinden, welche an bestimmten Stellen reifen. Diese Reifungsstätten sind die Geschlechtsorgane.

Das Crinoiden, Ophiuren, Asteriden und Echiniden (Holothurien?) Gemeinschaftliche ist folgendes:

In allen Gruppen finden sich Kanäle, die Genitalröhren, und zwar bei den Crinoiden in den Armen gelegen, bei Ophiuren teils in der Rückenwand, teils in den Wandungen der Bursae, bei Asteriden und Echiniden in der Dorsalwand der Scheibe.

Diese Genitalröhren liegen in einem Bindegewebsseptum, in dessen Maschen in Lücken und Spalten die Blutlakunen lagern. Das Septum selbst hat stets seine Lagerung in Schizocoelräumen (Fig. 5 von einer Ophiure, Fig. 9 von einem Crinoiden, Fig. 15 von einem Asteriden, auf Taf. XI ebenda.

Der Inhalt der Genitalröhren besteht in allen Gruppen aus ungefähr 0,008—0,01 mm großen Zellen, den Urkeimzellen, welche amöboid beweglich sind, und eine sich nur sehr wenig färbende Zellsubstanz besitzen. Der Kern, 0,005—0,007 mm groß, stellt sich als ein helles Bläschen dar, in welchem ein schön entwickeltes Netzwerk, welches sich mit Karmin meist sehr tief färbt, zu erkennen ist.

Eine Verschiedenheit läßt sich zwischen den einzelnen Echinodermengruppen nur insofern konstatieren, als die Reifungsstätten dieser Urkeimzellen, oder, wie man auch sagen kann, die Reifungsstätten von Ei und Samenzelle an verschiedenen Orten im Körper gelagert sein können.

Bei Crinoiden sahen wir die Urkeimzellen in den Pinnulis reifen, seitlichen Ausstülpungen der Genitalröhren. Bei den Ophiuren aber treten unsere Zellen in die Wandungen der Bursae, Einstülpungen der ventralen Körperwand, und differenzieren sich hier zu Eiern und Spermazellen.

Bei Asteriden und Echiniden endlich sehen wir Ausstülpungen der Genitalröhren, welche zu den Geschlechtsschläuchen, später großen traubigen Organen, werden. Die letztgenannte Gruppe, die

1) Hamann, Die wandernden Urkeimzellen und ihre Reifungsstätten bei den Echinodermen, in: Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 46, 1887.

Echiniden, denen sich vielleicht hierin noch die Holothurien anschließen, verlieren die Genitalröhren späterhin und das erwachsene Tier besitzt keine Bildung, welche an sie erinnern könnte.

Die Muskulatur.

Glatte wie quergestreifte Muskelfibrillen trafen wir an. Dazu kommen die eigentümlich schräg gestreiften Fasern der Ophiuren.

Epithelmuskelzellen konnte ich bei Holothurien, Asteriden und Crinoiden nachweisen. Es sind solche Zellen außer bei den Coelenteraten selten beschrieben worden. In neuester Zeit hat Eisig [1]) solche bei den Capitelliden, und zwar in der Darmwandung aufgefunden.

Die Muskulatur ist teils epithelialen, teils mesenchymatösen Ursprunges. Der ausgebildeten Muskelfaser kann man nicht mehr ihren Ursprung ansehen. Den glatten Fasern, welche stets eine Längsstreifung und dieser entsprechend einen Zerfall in feine Fibrillen zeigten, lag der Kern der Bildungszelle außen auf, oft von nur wenig Plasma, dem Rest derselben, umgeben. Neben diesen Zellen kommen bei Crinoiden spindlige Muskelfasern vor, so in den Armen wie den Pinnulae und Cirrhen.

Das drüsige Organ (sog. Herz).

Zunächst ist das negative Resultat hervorzuheben, daß dieses Organ ein Zentralorgan des Blutlakunensystems nicht ist. Niemals sind Muskelfasern in der Wandung vorhanden.

Über die Funktion dieses Organes mit voller Sicherheit etwas anzugeben, ist zur Zeit unmöglich. Es ist aber besser dies anzuerkennen, als ihm die verschiedensten Funktionen zuzuschreiben, welche der rein subjektiven Meinung der Autoren entspringen. Das Einzige, was mit Bestimmtheit ausgesagt werden kann, ist, daß das Organ einen drüsigen Bau besitzt. Vornehmlich gilt dies für die Crinoiden.

Von Bedeutung ist der Zusammenhang zwischen ihm und den Genitalröhren, welchen ich bei Asteriden beschrieben habe und welcher auch bei den Crinoiden nachweisbar ist.

Die Schizocoelbildungen.

Ein sehr ausgebildetes Hohlraumsystem kommt den Asteriden zu, welches sich in Gestalt von Lücken und Spalten in der Bindesubstanz anlegte. Sowohl in der Rückenwand wie in der Bauch-

1) Eisig, Die Capitelliden, in: Fauna u. Flora d. Golfes v. Neapel, 16, Monographie, 1887, Berlin.

wand finden wir dasselbe entwickelt, in letzterer in Gestalt von Längskanälen in den Armen als Perihämalkanäle. Bei den Ophiuren treffen wir diese Schizocoelräume ebenfalls an, wenn auch in geringerer Ausdehnung, wie Koehler[1]) in ausgezeichneter Weise geschildert hat. Bei den Crinoiden sind als solche Räume die unter den Ambulacralnerven gelegenen Längskanäle anzusehen.

Der Zusammenhang dieser Räume und ihr Verhalten zu den Blutlakunen ist in Heft 3 ausführlich geschildert worden. Immer liegen die Blutlakunen der Körperwand in solchen Schizocoelräumen eingeschlossen, so bei Asteriden, Echiniden und Ophiuren.

Die Bindesubstanz.

Neben den fixen spindligen oder sternförmigen Zellen, welche in der Intercellularsubstanz liegen, sind amöboide Zellen vorhanden, welche ich als Plasmawanderzellen beschrieben habe. Ihre Bewegungen in der Bindesubstanz sind ausführlich bei den Holothurien (Heft 1) untersucht worden. Es lassen sich diese Zellen, welche oft eigenartige Einschlüsse bergen, nicht deutlich von den in der Blutflüssigkeit vorkommenden Zellen unterscheiden. Übergänge sind zwischen beiden vorhanden, eine Thatsache, welche auch Semon[2]) bestätigt hat.

Was die Fasern, welche die Grundsubstanz durchziehen, anlangt, so sind diese entweder sämtlich noch nachweisbar in Zusammenhang mit den spindligen oder sternförmigen Zellen oder doch als Ausläufer derselben anzusehen, wie besonders die Beobachtungen an jugendlichen Tieren lehren.

Auf die verschiedenen Modifikationen dieses Gewebes, dessen Grundsubstanz ja verkalken kann, weise ich an dieser Stelle nur hin. Bei Schilderung der einzelnen Gruppen sind diese hinreichend erörtert.

Kapitel 2.

Zur Stammesgeschichte.

Mein anfänglicher Entschluß, die Phylogenie der Echinodermen in umfassender Weise zu bearbeiten, ist im Laufe der Unter-

---

1) Koehler, Recherches sur l'appareil circulatoire des Ophiures, in: Ann. Sc. nat. zool., Bd. 7, 1887.

2) Semon, Beitr. z. Naturgesch. d. Synaptid. d. Mittelmeeres, in: Mitt. zool. Stat. Neapel, Bd. 7, 1887.

suchungen ins Wanken gekommen. Mehr und mehr kam ich zu zu der Überzeugung, daß eine Darlegung der Stammesgeschichte nur zu sehr rein subjektiver Natur sein würde, und viele der einzelnen Thatsachen sich bald so, bald so verwerten lassen. Nur in einem Punkte bin ich jetzt noch größerer Überzeugung, daß die Asteriden mit den Echiniden in Zusammenhang stehen und letztere von ersteren ableitbar sind. Ja, daß erst, wenn wir dieses thun, uns die Organisationsverhältnisse der Echiniden vollständig verständlich werden. Die Holothurien sind mir noch immer Formen, welche rückgebildet sind und für deren Ursprung von den Echiniden aus Manches spricht, während ich die Crinoiden für die höchst organisierten Formen und ebenso die Ophiuren für eine Gruppe halte, welche mit den übrigen in keiner näheren Beziehung stehen, als daß sie insgesamt von Vorfahren herzuleiten sind, welche den Enterocoel-Würmern verwandt, bereits ein Wassergefäßsystem, eine Leibeshöhle, ein ektodermales Nervensystem und bestimmte Kalkplatten besaßen.

Meine Ansicht über den Ursprung der Crinoiden und ihre Beziehungen zu den übrigen Echinodermen habe ich bereits in Heft 3 dieser Beiträge dargelegt; dort sagte ich, nachdem ich auf die Unmöglichkeit hingewiesen hatte, die Crinoiden als die Stammgruppe der Echinodermen anzusehen. Unser jetziger Standpunkt kann nur der sein, daß auf der einen Seite die Crinoiden stehen, auf der anderen die Asteriden, von denen aus ohne Zwang sich die Echiniden bearbeiten lassen, und endlich die Holothurien. Die Ophiuren stellte ich [1]) weiter in die Nähe der Crinoiden, und wies darauf hin, daß dieselben mit den Asteriden unmöglich zu einer Gruppe vereinigt werden könnten.

Es ist unterdessen eine Abhandlung von Semon [2]) erschienen, in welcher unsere Kenntnisse über die Entwickelung der Synapta in vielen Beziehungen bereichert worden sind. Ein zweiter Teil der Arbeit beschäftigt sich mit der Stammesgeschichte der Echinodermen. Diesem Teil kann ich unmöglich in allen Stücken beistimmen, da die in ihm ausgesprochene Hypothese — so anschaulich und klar sie auch hervorgetragen wird — sich nicht mit den Thatsachen vereinigen läßt und ihr Autor gezwungen ist,

1) Vorläuf. Mitteilung zur Morpholog. d. Ophiuren, in: Nachricht. d. königl. Gesellsch. d. Wissensch. u. d. Georg-Augustis-Universität Göttingen, No. 14, 1887, Sitzg. 2. Juli.

2) Semon, die Entwicklg. d. Synapta digitata u. d. Stammesgesch. d. Echinodermen, in: Jen. Zeitschr. f. Naturw., Bd. 15, 1888.

beispielsweise die Berechtigung zur Homologisierung der Platten, zu bestreiten.

Semon stellt in Erinnerung an die Gastraea eine hypothetische Pentactaea auf, welche als Stammform der Echinodermen gelten muß. Dieses Stadium wird durch die Pentactulalarve, in welcher er „einen allgemein wichtigen, unverfälschten Entwickelungszustand" erblickt, von allen Echinodermen ontogenetisch rekapituliert. Diese Pentactulalarven zeigen an und für sich nichts, was man als cenogenetische Bildungen deuten könnte. Dieses Pentactulalarvenstadium, folgt auf das „dipleure" Larvenstadium, indem dieses durch Ausbildung von fünf Tentakeln, Primärtentakeln benannt, die bilateral-symmetrische Gliederung mit der radiären Gliederung zu vertauschen beginnt. Auf dieses Stadium konvergieren die abweichenden dipleuren Larven, um dann wieder divergente Entwickelungswege einzuschlagen." Die Pentactula wird definiert als ein Geschöpf, dessen vorderer Körperpol durch die Mundöffnung bezeichnet wird, um welche fünf Tentakel stehen. Diese sind fünf Ausstülpungen des Wassergefäßringes, der den Schlund umkreist. Überzogen werden sie von dem Sinnesepithel der äußeren Haut. Es besitzt dieses Stadium weiter den primären Steinkanal, welcher als Kanal vom Ringkanal aus durch die Körperoberfläche, den Rückenporus nach außen mündet. Ein Nervenring mit fünf Nerven zu den Primärtentakeln ist vorhanden. Beide Teile liegen im Ektoderm, ihrem Ursprungsort. Durch den auf der Ventralseite der ehemaligen Larve liegenden After mündet der Darm nach außen. Er liegt bald entfernt, bald nahe am Mund, oder gar am hinteren Körperpol. Zwischen der Körperwand und dem Darm liegt die Leibeshöhle, die aus paarigen Darmaussackungen entstanden ist (pag. 68).

Es fragt sich nun, ist eine Berechtigung vorhanden, eine Stammform — Pentactaea — anzunehmen, welche der Pentactula in den meisten Stücken gleicht, und vorher: giebt es überhaupt ein solches Pentactulastadium in allen Gruppen, und wenn dies der Fall ist, ist dasselbe nicht cenogenetisch verändert?

Zunächst hebe ich hervor, daß meiner Meinung nach unsere Kenntnisse über die Entwickelung der Echinodermen noch so geringe sind, daß die Feststellung eines Pentactulastadiums und einer Pentactaea verfrüht erscheinen und daß eine solche Betrachtung allzu schablonenhaft erscheint. Daß es einen großen Teil der Schwierigkeiten überwinden heißt, wenn man die Asteriden, Echiniden, Holothurien, Ophiuren und Crinoiden

sämtlich als divergente Äste aus einer konstruierten Urform herleitet, leuchtet ein, nur verzichtet man dann darauf, die merkwürdigen Übereinstimmungen zwischen einzelnen Gruppen, wie Asteriden, Echiniden und Holothurien, zu erklären — oder man nimmt, wie es Semon thut, an, daß diese nur zufällige seien und leugnet die Homologieen ab.

Giebt es überhaupt ein Pentactulastadium in allen Gruppen? Ich muß das verneinen — denn die Bildungen, welche für ein und dasselbe Stadium erklärt werden, sind verschiedene und zeigen unzweifelhaft Modifikationen.

Um zu zeigen wie ein Echinide (Götte, Balfour) aus der sogenannten Pentactula entsteht, muß sich diese zurückbilden, sie muß ihre Tentakel samt den Nerven auf diesen wie die Wassergefäße verlieren! Und nun sind nach Semon die späteren fünf Nervenstämme, fünf Wassergefäße, fünf Schizocoellängskanäle der Echiniden, Bildungen, welche nichts zu thun haben mit den gleichen fünf (oder mehr) ambulacralen Nervenstämmen, fünf Wassergefäßen, fünf Schizocoellängskanälen der Asteriden, Holothurien, Crinoiden und Ophiuren! Daß die Nervenstämme in allen Gruppen so übereinstimmend gebaut sind, daß sie bei Echiniden ebenso in Schizocoelräumen liegen wie bei den Ophiuren, alles dies müssen wir als Zufälligkeiten erklären, gerade wie die Bildungen der Kalkplattensysteme! Daß die Radiärnervenstämme mit einem Fühler enden, dem Fühler der Asteriden an der Spitze der Arme, welcher die Intergenitalplatte der Echiniden durchbohrend sich hier wiederfindet, müssen dann ebenfalls reine Zufälligkeiten sein.

Diese Ansicht, daß die radiären Nervenstämme und Wassergefäße der Echiniden und Holothurien denen der Asteriden und Ophiuren nicht homolog und gänzlich anderer Natur seien, hat Götte [1]) zuerst ausgesprochen. Aber ebensowenig wie sich die in derselben Abhandlung verteidigte Ansicht von der entodermalen Entstehung des ambulacralen Nervensystems bewahrheitet hat [2]), ebensowenig kann diese auch von Balfour [3]) bereits zurückgewiesene Anschauung, welche auf Müller's und Krohns ältere,

1) Götte, Vergl. Entwickelungsgesch. der Comatula, in: Arch. f. mikr. Anat., Bd. 12, 1876.

2) Vergl. die Darstellung von Semon, welcher die ektodermale Entstehung nachweist.

3) Balfour, Handbuch der vergleichend. Embryologie, Bd. 1, 1880.

aber in manchen Punkten durchaus falsche Beobachtungen sich stützte, irgendwelche Geltung haben.

Diejenigen fünf Ausstülpungen, welche um die Mundöffnung der sog. Pentactula gelegen sind und als Primärtentakel bezeichnet werden, sind somit keineswegs gleichartige Bildungen. Auch liegt gar kein Grund vor, diese Larve als palingenetische aufzufassen. Im Gegenteil zeigt, daß diese Larvenform Rückbildungen durchmachen muß, um zum Echinid zu werden, daß cenogenetische Veränderungen ihren Bau bedingt haben müssen. Weiter sollen die Holothurien sich von den übrigen Gruppen dadurch unterscheiden, daß ihre Körperwassergefäße adradial, nicht radial liegen. Um zu diesem Resultat zu kommen, werden die primären Ausstülpungen der Hydrocoelröhre — welche nicht zu den Wassergefäßen werden, den Primärtentakeln der übrigen, welche zu solchen werden, gleichgestellt. Als ob es auf den Zeitpunkt allein ankomme, in dem sich ein Organ anlegt. Wie oft ist dieser in der Ontogenie verschoben! Die Primärtentakeln der Holothurien sind für mich noch immer sekundäre Bildungen und nur die Ausstülpungen, welche zu den radiären Wassergefässen werden, sind homologe Bildungen.

So steht sich hier Behauptung Behauptung gegenüber. Auf der einen Seite das Bestreben, nach unseren geringen Kenntnissen ein Schema zurecht zu machen, auf der anderen das Geständnis, daß unsere jetzigen Kenntnisse über die Echinodermenentwickelung anerkanntermaßen dürftige sind und die Forderung mit so weit gehenden Hypothesen — mit denen der Wissenschaft ganz und gar nicht gedient sein kann — zurückzuhalten.

Eins aber, meine ich, wird uns durch die Pentactulahypothese deutlich vor die Augen geführt, uns zu hüten bei Fragen nach der Verwandtschaft der Tiere allzuviel Gewicht auf die entwickelungsgeschichtlichen Thatsachen zu legen, vielmehr den anatomischen Bau der Tiere mehr zu berücksichtigen. Ein Weg, welcher schließlich dazu führt, die Homologien der fünf radiären Wassergefäße, der radiären Nervenstämme, der Echinodermen zu leugnen, kann doch unmöglich der richtige sein!

Wenn wir aber die Übereinstimmung sehen, welche sämtliche Echinodermen beispielsweise in der Bildung der Genitalröhren zeigen, so wird man annehmen müssen, dass eine solche Bildung samt ihren Schizocoelräumen und Blutlakunen nur von einer

Urform vererbt sein kann, ebenso wie die Bildungen der Kalkplatten. Wer freilich annehmen will, daß ein und dieselbe komplizierte Bildung so und so oftmals von neuem entsteht, mit dem ist nicht zu rechten.

Was die Homologieen der Kalkplatten anlangt, so sind die berühmten Untersuchungen Lovén's und die nicht minder klaren und ausgezeichneten Resultate P. H. Carpenter's diejenigen, welche heutzutage in Geltung sind. Freilich hat Semon Recht, wenn er sagt, daß die Frage noch gar keiner ernstlichen Diskussion unterzogen sei, ob echte Homologieen vorhanden seien. Das gelte als ausgemacht. Wer je sich mit diesen Bildungen beschäftigt hat, für den gelten die Homologieen allerdings für ausgemacht.

Wird man einmal so weit sein, eine Grundform aufzustellen, von welcher aus einzelne Gruppen, wie Crinoiden, Ophiuren und Asteriden sich entwickelt haben könnten, so dürfte dieser gewiß bestimmte Kalkplatten als das erste zuerkannt werden müssen. Ob es je freilich gelingen wird, aus den embryologischen Thatsachen sowie den vergleichend anatomischen einen vollen, halbwegs sicheren Einblick in die Entstehung dieser uralten Tiergruppe zu gewinnen, ist eine andere Frage.

Anhang.

1. P. und F. Sarasin [1]) haben bei einem neuen Diadema (Astropyga Freudenbergi) auf der Haut die schon früher von Peters [2]) beschriebenen Flecke, welche sich sowohl in den Ambulacren wie Interambulacren bei Astropyga finden, als augenähnliche Organe erkannt. Die beiden Autoren schildern uns diese Organe als sehr hoch entwickelt und kommen dabei auf die Augenflecke der Seesterne zu sprechen, ohne jedoch die Litteratur genau zu kennen. Sie ziehen eine den Charakter einer größeren vorläufigen Mitteilung tragende Arbeit von mir heran, welche im Jahre 1883 (im September) erschienen war. In dieser Arbeit beschrieb ich

1) P. u. F. Sarasin, Die Augen und das Integument der Diadematiden, in: Ergebnisse naturw. Forschungen auf Ceylon, Bd. 1, 1887, Wiesbaden.

2) Peters W., Über die an der Küste von Mossambique beobachteten Seeigel und insbesondere über die Gruppe der Diademen, Berlin 1855.

die Augenflecke kurz, um sie in einer später erschienenen grösseren Arbeit [1]), nachdem ich frisches Material wiederholt zur Untersuchung benutzt hatte, ausführlich zu schildern. Diese grössere Abhandlung ist den Autoren vollständig unbekannt geblieben. Wenn sie nun meinen, dass ich in den Augenflecken lichtbrechende Körper leugne, so entspricht dies den Thatsachen nicht. Wie ich dazu kam, sie in der früheren Arbeit nicht zu beschreiben, habe ich genau angegeben. Weiter habe ich noch folgendes zu bemerken. Der von den beiden Verfassern beschriebene Nervenring an der Basis der Stachel ist bereits ein Jahr vorher entdeckt worden in zwei Mitteilungen von Prouho [2]) und mir [3]), welche ihnen ebenfalls entgangen sind. Eine ausführliche Darstellung dieses Nervenringes habe ich im dritten Heft dieser Beiträge gegeben.

2. Mit den Echiniden beschäftigt sich eine Arbeit von Prouho [4]). Der Autor ist, was das Wassergefäßsystem anlangt, teilweise zu abweichenden Resultaten gekommen, wenn auch in einigen Hauptfragen wie über den Bau und die Mündung des Steinkanales Übereinstimmung herrscht. Näher eingehen kann ich auf diese Arbeit nicht, da dieselbe zu sehr zeigt, wie der Autor mit dem Stoff gerungen hat. Für eine Doktordissertation sind die Echiniden, die Echinodermen überhaupt, schlecht geeignet, wenn nicht schon eine längere Bekanntschaft mit denselben vorausgegangen war, und diese scheint Herrn Prouho gemangelt zu haben. Wenn er an einer Stelle meint, dass nur Injektionen einen genauen Einblick in die Verhältnisse der Gefässe geben können, so zeigt dies, wie wenig er mit den Geweben dieser Tiere vertraut sein muss. Ludwig hat bereits die auf Injektionen begründeten Resultate zurückgewiesen, und ich habe mich an mehreren Stellen gegen alle Gefäßinjektionen ausgesprochen, weil man je nach dem Druck der Flüssigkeit alle möglichen und unmöglichen Wege in der Bindesubstanz weisen kann. Daß unsere Resultate, sobald Injektionen angewendet wurden, nicht übereinstimmen können, ist somit selbstverständlich.

3. Bei der Bearbeitung der Echiniden war mir leider eine Ab-

---

1) Hamann, Beitr. z. Histologie d. Echinodermen. Heft 2: Die Asteriden, Jena 1885.

2) Prouho, Comptes rendus, pag. 102, 1886.

3) Hamann, Vorl. Mitteil. z. Morphol. d. Echiniden, in: Sitz.-Ber. d. Jen. Ges. f. Med. u. Natw., Jahrg. 1886, Nr. 27.

4) Prouho, Recherches sur le Dorocidaris et quelques autres Echinides de la Méditerranée, in: Arch. zool. exp. 1887.

handlung von Niemiec[1]) unzugänglich, da der Recueil Suisse auf der hiesigen Bibliothek nicht mitgehalten wird. Durch die Güte des Herrn Professor Fol wurde ich aber in den Stand gesetzt, nachträglich von dieser Arbeit Notiz nehmen zu können.

Niemiec hat Psammechinus miliaris, Sphaerechinus brevirostris und Bryssopsis lyrifera näher untersucht. Seine Resultate stimmen in vielen Punkten mit den meinigen überein. In der Darstellung der einzelnen Schichten, welche die Wandung der Füßchen zusammensetzen, stimmen wir überein. Jene der Längsmuskelschicht außen aufliegende Membran wird als couche elastique beschrieben, bei Bryssopsis hingegen als circuläre Fasern in Anspruch genommen.

Von dem Vorhandensein zirkulärer Muskelfasern in der Scheibe von Spaerechinus habe ich mich nicht überzeugen können.

Was die Nervenzüge anlangt, so wurden sie bis in die Scheibe verfolgt. „Son plus grand renflement" — sagt der Autor in bezug auf den Füßchennerv — se trouve dans le dernier plie du tube, mais je n'ai pas voir sa continuation dans le reste du disque." Wie aus den Figuren aber hervorgeht, hat Niemiec mehr gesehen. So ist in Fig. 3 Taf. I die als fibres radiaires externes bezeichnete Schicht der eine zum Epithel ziehende Nervenzug (vergl. die Figuren Taf. X, dies. Beiträge, Heft 3), und hat diese Schicht mit dem Bindegewebe nichts zu thun. Mit der Deutung einzelner Teile der Bindesubstanz als muskulös kann ich mich nicht einverstanden erklären. Als echte Muskelfasern kann ich nur die Längsmuskeln ansehen, während in der Bindesubstanzschicht ich jene Bündel, wie ich sie auf Taf. X, Fig. 3 u. 4 abgebildet habe, nur für bindegewebiger Natur erklären kann.

4. Nach Vollendung des Manuskriptes finde ich im Zoologischen Anzeiger Nr. 11, 25. Juni, Jahrgang 7, 1888 eine Mitteilung von Jickeli über das Nervensystem. In dieser wird der Lange'sche Nerv der Asteriden als nervös in Anspruch genommen. Somit ist dieser Forscher, dessen Resultate über die Crinoiden, welche leider auch nur in kurzer Mitteilung bisher bekannt geworden sind, ich mehrfach bestätigen konnte, zur gleichen Ansicht gekommen, wie ich bei Ophiuren und Asteriden, wie in diesem Hefte ausführlich dargethan worden ist.

---

1) J. Niemiec, Recherches sur les ventouses dans le règne animal, in: Rec. Z. Suisse, Bd. 2, 1885.

Wenn Jickeli aber von einem vierten Nervensystem berichtet, welches in Gestalt von Nervenfibrillen und Ganglienzellen „im Grunde des Epithels“ des Darmes liegt und dies als eine neue Entdeckung schildert, so ist ihm wohl — wie Sarasin — diese Reihe von Abhandlungen entgangen. In Heft 2 pag. 14 ist „Das Nervensystem des Darmtraktus“ ausführlich geschildert und ebenso schon vorher in einer vorläufigen Mitteilung in den Nachrichten von der königl. Gesellsch. d. Wissenschaft. u. d. Georg-August-Universität Göttingen, 1884, Nr. 9. Auch habe ich Abbildungen dieser Darmnerven gegeben. Ebenso erwähnt dieser Autor mit keinem Wort, daß ich bereits das epitheliale Nervensystem in der Rückenhaut beschrieben habe!

Göttingen, Ende Juli 1888.

Tafel-Erklärungen[1]).

In allen Figuren gelten:

BL Blutlakune.
D Darm.
BLR Blutlakunenring.
GR Gehirnring.
G Ganglion.
gz, *gz*^{1} Ganglien.
nf^1, *nf*^{2}, *nf* Nerven fibrillen.
P. B. Poli'sche Blase.
Sch Schizocoelraum.
WGR Wassergefäßring.
WG Wassergefäß.

Tafel I.

Fig. 1 bis Fig. 9 Querschnitte durch einen Arm von Ophioglypha albida. Die Schnitte sind aus einer Serie und folgen der Nummer nach aufeinander. Mit Rot sind der durchquerte radiäre Nervenstamm sowie sämmtliche periphere Nervenstämme gekennzeichnet. *Gp*, *Gp*^{1}, *Gp*^{2} Ganglien.

Fig. 1, 2, 3 und 4 sind Querschnitte durch die Intervertebralmuskeln; die Figuren 5—9 solche durch den Wirbel selbst.

Tafel II.

Fig. 1. Längsschnitt durch einen Teil eines Armes von Ophioglypha albida, um den gegliederten radiären Nervenstamm mit den Wirbel-Muskelnerven zu zeigen. *Sch* Längskanal, in welchem derselbe verläuft.

Fig. 2. Längsschnitt in der Medianlinie des Armes geführt; das radiäre Wassergefäß ist der Länge nach durchschnitten. Ebendaher.

Fig. 3. Etwas schematischer Vertikalschnitt durch Scheibe und einen Arm von Ophiogl. alb.

Fig. 4. Querschnitt durch den radiären Nervenstamm, um den Ursprung der Seitenerven zu zeigen. D. oc. 3. Weigert'sche Kupferoxydlösg. Ophiogl. alb.

Fig. 5. Querschnitt durch den radiären Nervenstamm, um den Ursprung der seitlichen Nervenzüge *N* zu zeigen und die Beteiligung der mit *nf*^{2} bezeichneten Nervenfibrillen. Ebendaher. Färbung n. Weigert. (Kupferoxydlös.) D. oc. 3.

Fig. 6. Längsschnitt durch den radiären Nervenstamm. *nf*^{1} Nervenfibrillen desselben; *nf*^{2} die periphere Lage von Nervenfibrillen mit ihren Ganglienzellen *gz*^{2}. *N.m.i.I.* Nervenzug zur Wirbelmuskulatur ebendaher. D. oc. 3.

---

1) Die großen Buchstaben bezeichnen die Objektive, die Zahlen die Okulare von Zeiss. Die Bilder sind bei eingezogenem Tubus sämtlich mit der Camera entworfen.

Fig. 7. Ganglienzellen aus dem dorsal-peripheren Belag des radiären Arm-Nervenstammes. $^1/_{12}$. Oelimm. oc. 4. Ophiogl. alb.
Fig. 8. Schnitt durch das Ganglion ventrale. $^1/_{12}$ Oelimm. oc. 3. Pikrinschwefels. kons. neutral. Karm. gef. Ophiogl. albida.
Fig. 9. Oberflächenansicht der radiären Arm-Blutlakune von Ophiogl. albida. F. oc. 3.
Fig. 10. Querschnitt durch den radiären Nervenstamm im Bereich der Intervertebralmuskeln, also zwischen zwei Wirbeln geführt. F. oc. 3. Ophiogl. alb.
Fig. 11. Querschnitt durch den radiären Nervenstamm. Von der Blutlakune gehen rechts und links Zweige ab. F. oc. 3. Ophiogl. alb.
Fig. 12. Zwei Epithelstützzellen aus dem radiären Nervenstamm ebendaher. F. oc. 3. Ophiogl. albida.

Tafel III.

Fig. 1. Querschnitt durch den Gehirnring. D. oc. 3. Ophiogl. alb.
Fig. 2. Querschnitt durch denselben und ein Mundfüßchen ebendaher.
Fig. 3. Querschnitt durch denselben, an der Stelle, wo ein radiärer Nervenstamm herantritt. D. 3. Ophiogl. alb.
Fig. 4. Querschnitt durch den Gehirnring, an einer anderen Stelle. D. 3. Ophiogl. alb.
Fig. 5. Nervenendigungen in der Haut von Ophiogl. alb. F. oc. 3.
Fig. 6. Querschnitt durch einen Arm von Ophiogl. alb., um die Verzweigung der Lateralnerven zu zeigen, welche vom radiären Nervenstamm entspringen.
Fig. 7. Nervenendigung im Wimperepithel einer Bursa. Ophiogl. alb. F. oc. 3.
Fig. 8. Ganglienzellen aus dem ventralen Belag des Gehirnringes. F. oc. 3. Ophiogl. alb.
Fig. 9. Entkalkte Bindesubstanz ebendaher. D. oc. 3.

Tafel IV.

Fig. 1. Längsschnitt durch ein Füßchen; der radiäre Nervenstamm ist quer durchschnitten. *N.l.I.* Nerv. lateralis primus, *N* Nervenzug im Füßchen. D. oc. 3. Ophiogl. alb.
Fig. 2. Längsschnitt durch die ventrale Körperwand, um den Gehirnring, Steinkanal *St-K*, das drüsige Organ *Dr*, die Madreporenplatte zu zeigen. *D* die Darmwandung. A. oc. 2. Ophiogl. alb.
Fig. 3. Querschnitt durch ein Füßchen von Ophiothrix fragilis. A. oc. 3.
Fig. 4. Teil der in Fig. 3 abgebildeten Füßchenwandung von Ophiothrix fragilis, die Sinnesorgane zeigend. *hn* durchquerter Füßchennerv, *kn* Nervenzug zu den Knospen ziehend. F. oc. 3.
Fig. 5. Ganglienzellen von Ophioglyph. albida, aus dem durchquerten Gehirnring. F. oc. 3.
Fig. 6. Querschnitt durch den radiären bilateralen Nervenstamm von Ophiothrix fragilis, die regelmäßige Anhäufung der Ganglienzellen zeigend. A. oc. 3.

Fig. 7. Teil eines Querschnittes durch den radiären Nervenstamm von Ophiothrix fragilis. Der Ursprung des einen der beiden Intervertebralnerven ist zu sehen. *nf* der dorsal-periphere Zellbelag mit seinen Nervenfibrillen. F. oc. 3.

Fig. 8. Enterocoelepithel von der dorsalen Mittellinie. Ophiothr. fragil. F. oc. 1.

Fig. 9. Querschnitt durch den radiären Nervenstamm ebendaher, die Bildung eines Seitennerven zeigend. F. oc. 3.

Fig. 10. Zellengruppen auf dem Stachel von Ophiothr. fragil. von der Fläche gesehen. F. oc. 3.

Fig. 11. Nervenzug mit seinem Ganglion *G* zum Stachel von Ophiothr. fragil. F. oc. 3.

Fig. 12. Epithel des Porenganges der Madreporenplatte ebendaher. D. oc. 3.

Fig. 13. Enterocoelepithel von Ophiogl. albida. F. oc. 3.

Tafel V.

Fig. 1. Längsschnitt durch den Arm von Ophiothrix fragilis, um die Verzweigungen des vom durchquerten radiären Nervenstamm ausgehenden Latralnerven zu zeigen. A. oc. 2. *g*, g^1, g^2 die Ganglien. Ophiothr. fragil.

Fig. 2. Längsschnitt seitlich von der Medianlinie durch eine Armspitze derselben Art. *F* Fühler. Der gegliederte radiäre Nervenstamm tritt deutlich vor. Ebendaher.

Fig. 3. Flächenansicht des Fühlers derselben Art. Lupenvergrösserung. Ebendaher.

Fig. 4. Längsschnitt durch einen beweglichen Haken von Ophiothr. fragil. D. oc. 1.

Fig. 5. Schnitt durch die Körperhaut. *ep* Epithel, *bg* Cutis. Ophiomyxa pentagona. D. oc. 3.

Fig. 6. Flächenansicht eines beweglichen Hakens von Ophiothr. fragil. *M* der Beuger.

Fig. 7. Querschnitt durch ein Mundfüßchen von Ophiogl. alb. D. oc. 3.

Fig. 8. Längsschnitt durch die Madreporenplatte von Ophiogl. albid., um die zwei Poren zu zeigen, *B* Eingang in die Bursa.

Fig. 9. Das der Länge nach durchschnittene, im Arm verlaufende radiäre Wassergefäß von Ophiogl. alb. F. oc. 3.

Fig. 10. Querschnitt durch das radiäre Wassergefäß des Armes, rechts und links die zu den Füßchen führenden Wassergefäße. Ophiogl. alb. D. oc. 3.

Fig. 11. Epithel aus dem Steinkanal von Ophiogl. alb. F. oc. 3. Osmiumpräp.

Fig. 12. Querschnitt durch den Wassergefäßring und den Anfangsteil des von diesem entspringenden Steinkanales. Ophiogl. alb.

Fig. 13. Isolirte Muskelfibrillen von Ophioderma longicauda. $^1/_{12}$ Oelimm. Zeiss.

Fig. 14. Längsschnitt durch den Rückenporus von Ophiogl. alb. D. oc. 3.

Fig. 15. Schnitt durch die Madreporenplatte. Ophiogl. alb.

Fig. 16. Längsdurchschnittenes Mundfüßchen derselben Art. D. oc. 2.

Fig. 17. Isolirte glatte Muskelfaser aus einem Intervertebralmuskel von Ophiogl. alb. F. oc. 3.

Tafel VI.

Fig. 1. Längsschnitt durch eine Bursa Ophiogl. albida. *L—H* Leibeshöhle; *Ov* Ovarialsäckchen; *KW* Körperwand; *Uk* Urkeimzellen. D. oc. 2.

Fig. 2. Teil eines Schnittes durch die Wandung einer Bursa, um den Verlauf der Genitalröhre zu zeigen. *H* Hodensackanlage.

Fig. 3. Längsschnitt durch ein Ovarialsäckchen, Oph. alb. um die Urkeimzellen der Genitalröhre in ihrem Eindringen in dieselbe zu zeigen. *Sch* = Schizocoelraum, *PR* = Perihämalraum; *GR* Genitalröhre. F. oc. 3.

Fig. 4. Längsschnitt durch ein Hodensäckchen und einen Teil der Wandung der Bursa. e^2 Cölomepithel. F. oc. 3.

Fig. 5. Querschnitt durch das Bindegewebsseptum, in welchem im Zentrum die Genitalröhre *GR*, peripher in Lücken der Bindesubstanz die Blutflüssigkeit der dorsalen Blutlakune *Bl* ververläuft. Chroms. entk. neutr. Karm. wie die vorhergeh. F. oc. 3.

Fig. 6. Urkeimzellen aus der Genitalröhre. F. oc. 4.

Fig. 7. Ansicht einer Ophiure von der Rückenfläche. Das Rückendach ist abgetragen. Diese Figur ist mit Benutzung einer Köhler-schen Figur entworfen. Blau ist das Wassergefäßsystem, rot das Blutlakunensystem, welches in gelben Perihämal- oder Schizocoelräumen verläuft, gekennzeichnet. Zugleich deuten die gelben Linien den Verlauf der Genitalröhren an. *Dr* Drüse. Der Verlauf der Blutlakunen sowie Genitalröhren ist bald in der ventralen Körperwand (interradial) oder in der dorsalen Körperwand (radial).

Fig. 8. Längsschnitt durch die dorsale Blutlakune, Genitalröhre *GR*, um die zum Darm durch die Leibeshöhle ziehende Blutlakune *DBL* zu zeigen. F. oc. 3.

Fig. 9. Schnitt durch die Darmwand von Ophiogl. alb. F. oc. 3.

Fig. 10. Isolierte Darmepithelzellen ebendaher. F. oc. 3.

Tafel VII.

Fig. 1. Längsschnitt durch das sog. gekammerte Organ von Actinometra pulchella. *K* die Kammern des Organes; *st* die Fortsetzung des drüsigen Organes in dieselben; *R* die verkalkte Rosette; *a—b*, *c—d* deuten die Richtungen an, in welchen die Schnitte Fig. 4 und Fig. 5 geführt sind. A. oc. 1.

Fig. 2. Längsschnitt durch den unteren Teil des gekammerten Organes derselben Art. s. Text. D. oc. 1.

Fig. 3 bis Fig. 8. Querschnitte durch das gekammerte Organ. *ChG* die Cirrhen-Gefäße. *c*, *C* das aborale Central-Nervensystem. Anted. rosac. A. oc. 1.

Fig. 9. Teil des in Fig. 6 abgebildeten Querschnittes stärker vergrößert, um die Ganglienzellen und Nervenfibrillen zu zeigen. D. oc. 1. Anted. rosac.

Fig. 10. Längsschnitt durch das gekammerte Organ von Actinometra pulchella. A. oc. 1. (Tangentialschnitt.)

Fig. 11. Ganglienzellen mit Nervenfibrillen. (Chroms. entkalkt, Neutral. Karminlösg. $^1/_{12}$ Oelimmers. oc. 3.)

Fig. 12. Isolierte Epithelmuskelfibrillen aus dem Wassergefäßsystem von Anted. rosac. F. oc. 3.

Fig. 13. Ebenfalls, Oberflächenansicht.

Tafel VIII.

Fig. 1. Einer der folgenden Schnitte (auf Fig. 8 von Tafel VII folgend) oberhalb des gekammerten Organes. Der Achsenstrang in dem Anfangsteil der Leibeshöhle suspendiert. A. oc. 1.

Fig. 2. Längsschnitt durch die Mundöffnung von Ant. ros. Es ist nur die linke Hälfte wiedergegeben. *Schl* = Schlundwandung; *T* = Tentakel; *Nr* der durchquerte pentagonale Schlundring mit den von ihm sich abzweigenden Nervenzügen zum Tentakel und der (ventralen, ovalen) Körperwand, welcher wiederum einen Ast in die Leibeshöhle entsendet. WT^1 und WT zwei Wimpertrichter. A. oc. 1.

Fig. 3. Der durchquerte Nerven-Schlundring mit seinen Ganglienzellen. F. oc. 1. Ant. ros.

Fig. 4. Schnitt durch die Seitenwand eines Armes, im Bereich des zweiten Brachiale. Die Wimpertrichter und ein Nervenzug *nf* in der Bindesubstanz der Körperwand. *C*, C^1 Teile der Leibeshöhle. A. oc. 1. Ant. ros.

Fig. 5. Ein Teil des vorigen Bildes stärker vergrössert. F. 1. Ant. ros

Fig. 6. Teil des der Länge nach durchschnittenen Nervenzuges, welcher vom (oralen) Schlundring entsprungen ist. F. oc. 1. Ant. ros.

Fig. 7. Ein Arm-Nervenstamm vergrössert (vergl. Fig. 1). D. oc. 1. Ant. ros.

Fig. 8. Zwei Enden von zwei Steinkanälen von Actinometra pulchella. D. oc. 1.

Fig. 9. Ein durchquerter Cirrhusnerv mit dem Gefäß im Centrum und der bindegewebigen Scheidewand. F. oc. 1. Ant. ros.

Fig. 10. Blutlakunen durchschnitten, aus der Leibeshöhle um die Mundöffung gelagert. D. oc. 3. Ant. ros.

Fig. 11. Schlundwandung. Epithel mit Nervenfibrillen und Drüsenzellen, Bindesubstanzschicht, Ringsmuskelschicht und Leibeshöhlenepithel. D. oc. 3. Ant. ros.

Fig. 12. Isolierte Schlundepithelzellen ebendaher. D. oc. 3. Ant. ros.

Fig. 13. Durchquerter Armnervenstamm mit abgehenden Nervenzügen. D. oc. 3. Ant. ros.

Tafel IX.

Fig. 1. Querschnitt durch einen Arm von Ant. ros. Nur der ventrale (orale) Teil ist wiedergegeben. *NL*¹ und *NL*² die beiden oralen durchquerten Längsnervenzüge. *TT*¹ die beiden Tentakel. *C*, *C*¹, *C*² Fortsetzungen des Enterocoels in die Arme. *G* Genitalstrang. *NV* Verbindungsnerv zwischen oralen Längsnerven und dorsalem (aboralem) Nervenstamm des Armes. A. oc. 2. Hämatoxylin.

Fig. 2. Das Chiasma der Armnerven. Ant. ros. D. oc. 3.

Fig. 3. Ganglienzellen aus dem Zentralorgan des mesodermalen Nervensystems. $^1/_{12}$ Zeiss Oelimm. neutral. Essig-Karmin.

Fig. 4. Quer durchschnittenes drüsiges Organ. A. 1. Ant. ros.

Fig. 5. Dasselbe stärker vergrössert. F. oc. 1. Ant. ros.

Fig. 6. Ganglienzellen und Nervenfasern aus dem Chiasma. A. F. oc. 1. Ant. ros.

Fig. 7. Querschnitt durch die Mundöffnung in der Höhe des Wassergefäßes. *WGR*, *WG*¹, *WG*⁵ Wassergefäßring und Wassergefäße. *a*, *b* die einzelnen vom Schlundring *NR* sich abzweigenden Nervenzüge; *Nf* Nervenfibrillenschicht des Schlundes; Anted. rosac.

Fig. 8. Querschnitt durch einen ventralen Längsnervenzug. Anted. rosac. F. oc. 1.

Fig. 9. Epithel mit Nervenendigungen von Anted. rosac. F. oc. 1.

Fig. 10. Teil eines Querschnittes durch den Arm. *ep*, *nf* Epithel der Ambulacralfurchen; *Sch* Schizocoellängskanal durchquert; *WG* Wassergefäß quer durchschnitten. Ebendaher. D. oc. 3.

Fig. 11. Isolierte Zellen aus dem drüsigen Organ. Anted. rosac. F. oc. 1.

Fig. 12 und 13. Querschnitte durch das gekammerte Organ an seinem ventralen Ende. Anted. rosac.

Tafel X.

Fig. 1. Querschnitt durch den ventralen Teil eines Armes; nur die eine Hälfte ist dargestellt. *LN* durchquerter Längsnerv; *TN* Nervenzug zum Tentakelepithel. Anted. Eschrichtii. A. oc. 4.

Fig. 2. Durchquerter dorsaler Nervenstamm des Armes von A. Eschrichtii. *N. musc.*¹ und *N. musc.*² zu den Interbrachialmuskeln ausstrahlende Nervenzüge. A. oc. 4.

Fig. 3. Querschnitt durch den ventralen Teil eines Armes von Anted. rosac.; nur der rechte Tentakel ist längsdurchschnitten. F. oc. 1.

Fig. 4. Ein durchquerter Längsnerv des Armes von A. Eschrichtii. F. oc. 1.

Fig. 5. Tentakelepithel, von der Innenseite von A. Eschrichtii. F. oc. 1.

Fig. 6. Isolierte Epithelzellen aus der Ambulacralfurche eines Armes von Anted. Eschrichtii. F. oc. 1.

Fig. 7 und 8. Querschnitte durch den Nervenstamm eines Armes von A. Eschrichtii. F. oc. 1.

Fig. 9. Unpolare Ganglienzellen ebendaher. F. 1.
Fig. 10. Nervenendigungen am Epithel von Anted. Eschrichtii. F. oc. 3.
Fig. 11. Durchquerter Nervenzug im Cirrhus von Anted. carinata. D. oc. 2.
Fig. 12 und 13 ebendaher. A. oc. 4.
Fig. 14 und 15. Sinnespapillen von den Tentakeln eines Armes von Antedon carinta und einer Pinnula von Anted. Eschrichtii. F. oc. 1 und F. oc. 3.
Fig. 16. Zellen des Schizocoelkanales eines Armes.
Fig. 17. Epithel eines Wassergefäßes des Armes.
Fig. 18. Enterocoelepithel aus dem Dorsalkanal eines Armes. Sämtliche drei von Anted. Eschrichtii. F. oc. 3.

Tafel XI.

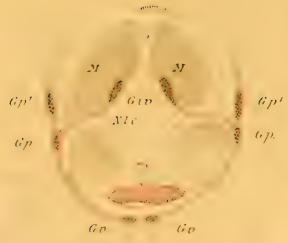
Fig. 1. Ganglienzellen von Anted. carinata. F. oc, 3.
Fig. 2. Querschnitt durch einen Arm von A. rosac. *NP* Pinnulanerv; *VN* zu den Längsnerven *LN* ziehender Nervenzug. *T* Tentakel.
Fig. 3. Querschnitt durch den Arm; zugleich Längsschnitt durch eine Pinnula. *H* Hoden. A. rosac.
Fig. 4. Längsschnitt durch einen Cirrhus. *N* Längsnerv desselben. A. rosac. A. oc. 1.
Fig. 5. Durchquerter Cirrhus von A. rosac.
Fig. 6. Muskelfasern von A. rosac. *b* eine isolirt. F. oc. 3.
Fig. 7. Fasern aus dem Antagonisten eines Armmuskels. $^1/_{12}$ Oelimm. oc. 3.
Fig. 8. Muskelfasern durchquert von Anted. Eschrichtii. F. oc. 3.
Fig. 9. Solche von A. rosac. F. oc. 3.
Fig. 10. Cirrhus-Fasern von A. rosac. F. oc. 3.
Fig. 11. Cirrhus-Faserbündel ebendaher. F. oc. 3.
Fig. 12. Integument von Actinometra pulchella.
Fig. 13. Querschnitt durch eine Ambulacralfurche von A. pulchella. *T* Tentakel. D. oc. 1.
Fig. 14. Querschnitt durch ein Brachiale. *P* die Porenkanäle, welche teilweise in den Genitalkanal füren. A. rosac. A. oc. 4.
Fig. 15. Porenkanal von Anted. rosac. F. oc. 1.
Fig. 16. Durchquerte Blutlakune von A. rosac. F. oc. 3.
Fig. 17. Längsschnitt durch die Wandung einer solchen. *blf* Blutflüssigkeit. F. oc. 3.

Tafel XII.

Fig. 1. Längsschnitt durch die Afterröhre von Anted. rosac. *DW* Darmwandung; *Int.* Integument.
Fig. 2. Teil der Afterröhre stärker vergrößert. *ep* Epithel, *bg* Bindesubstanz der Körperwand, *rm* Ringmuskulatur, *bg*^{1} und *e* Bindesubstanzschicht und Innenepithel der Darmwand.

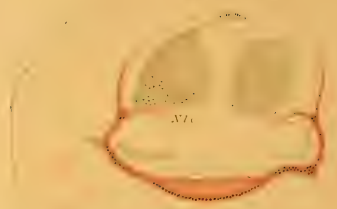
Fig. 3. Längsschnitt durch eine Pinnula. *GS* Genitalschlauch mit reifen Eiern.
Fig. 4. Teil der Wandung desselben stärker vergrößert. *ek* Eikern, *rk* Richtungskörperchen. F. oc. 3.
Fig. 5. Schnitt durch ein Wimpersäckchen von Anted. rosac. F. oc. 3.
Fig. 6. Genitalschlauch und Genitalröhre längs durchschnitten aus dem Kelch von Anted. rosac. D. oc. 3.
Fig. 7. Derselbe durchquert. Ebendaher. F. oc. 3.
Fig. 8. Durchquerter Genitalschlauch aus dem Arm von Anted. rosac. F. oc. 3.
Fig. 9. Derselbe von Anted. Eschrichtii. D. oc. 3.
Fig. 10. Vertikaler Längsschnitt durch das Integument von Anted. rosac. *C*, *C*^{1} Hohlräume des Enterocoels. D. oc. 1.
Fig. 11. Ganglienzellen aus einem Pinnulanerv von Pentacrinus decorus. F. oc. 3.
Fig. 12. Längsschnitt durch einen Pinnulanerv während seines Verlaufes im Arm. *M* Muskelfasern; *NP* der Nerv. Pentacrinus decorus. D. oc. 1.
Fig. 13. Plasmawanderzellen aus der Bindesubstanz von Anted. rosac. F. oc. 3.
Fig. 14. Bindesubstanz aus dem Arm von Anted. Eschrichtii. F. oc. 3.
Fig. 15. Plasmawanderzellen von Anted. Eschrichtii. F. oc. 3.
Fig. 16. Zwei längsdurchschnittene Wimpersäckchen aus dem Dorsalkanal einer Pninula von Pentacrinus decorus.
Fig. 17. Bindegewebe von Actinometra parvicirra. D. 1.
Fig. 18. Große blasige Zelle aus der Bindesubstanz von Actinometra parvicirra. F. oc. 3.
Fig. 19. Isolierte Zellen aus einer Sinnespapille eines Tentakels von Anted. rosac. F. oc. 3.

1



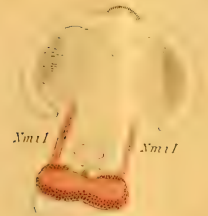
2

3

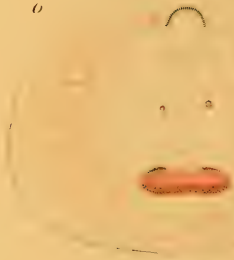


4.

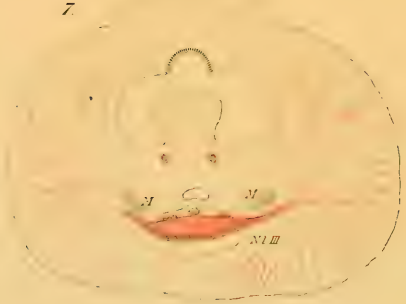
5.



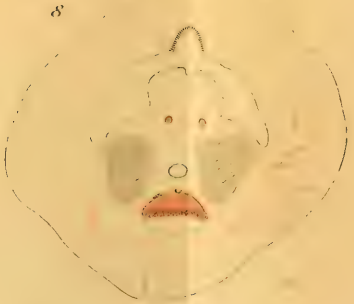
6



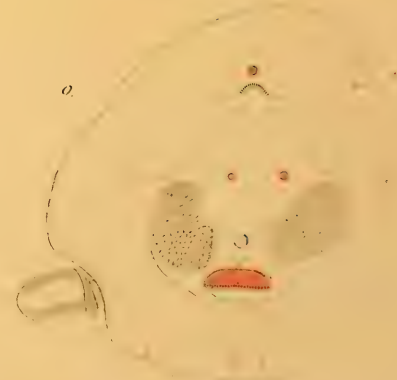
7.



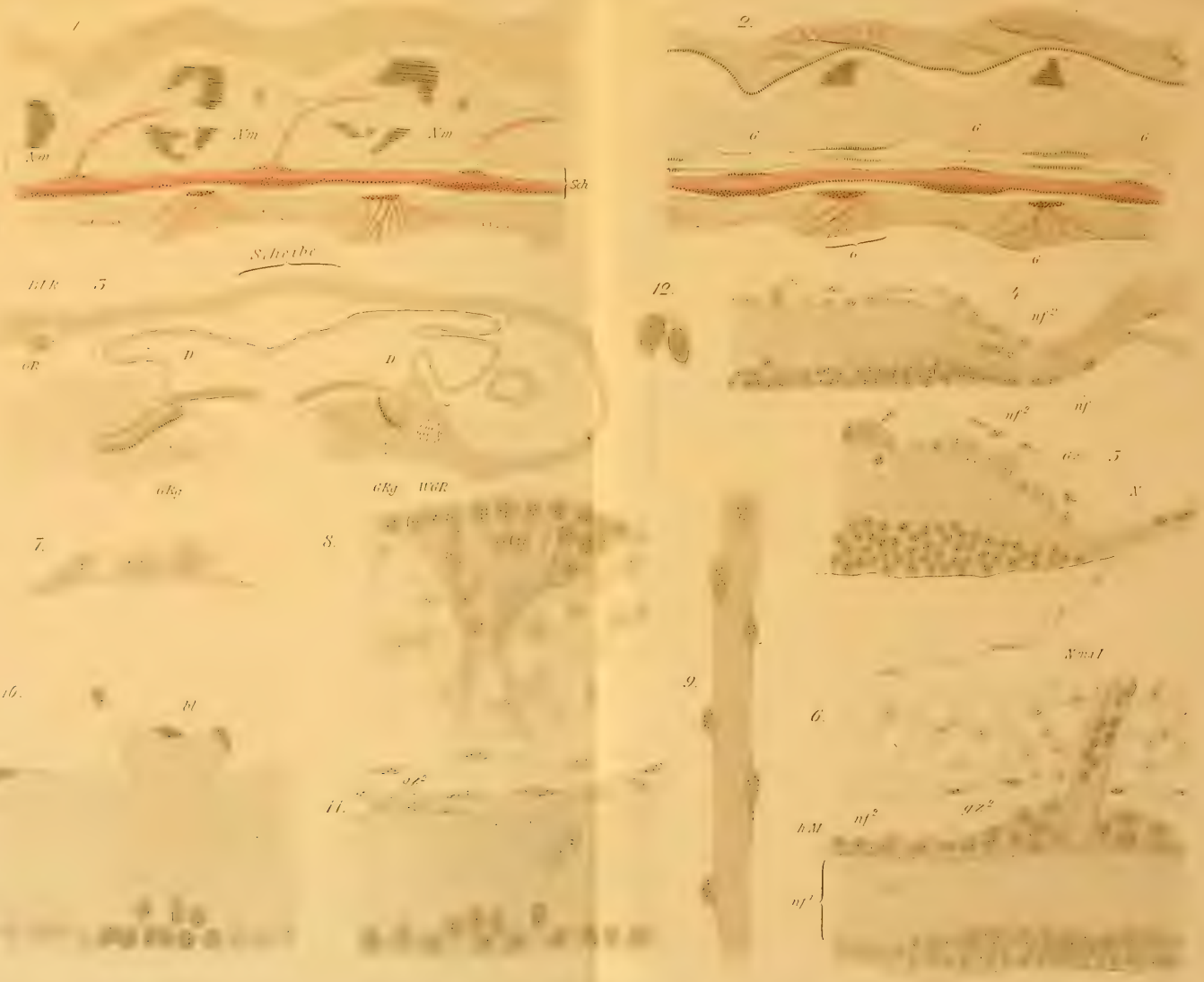
8



9.

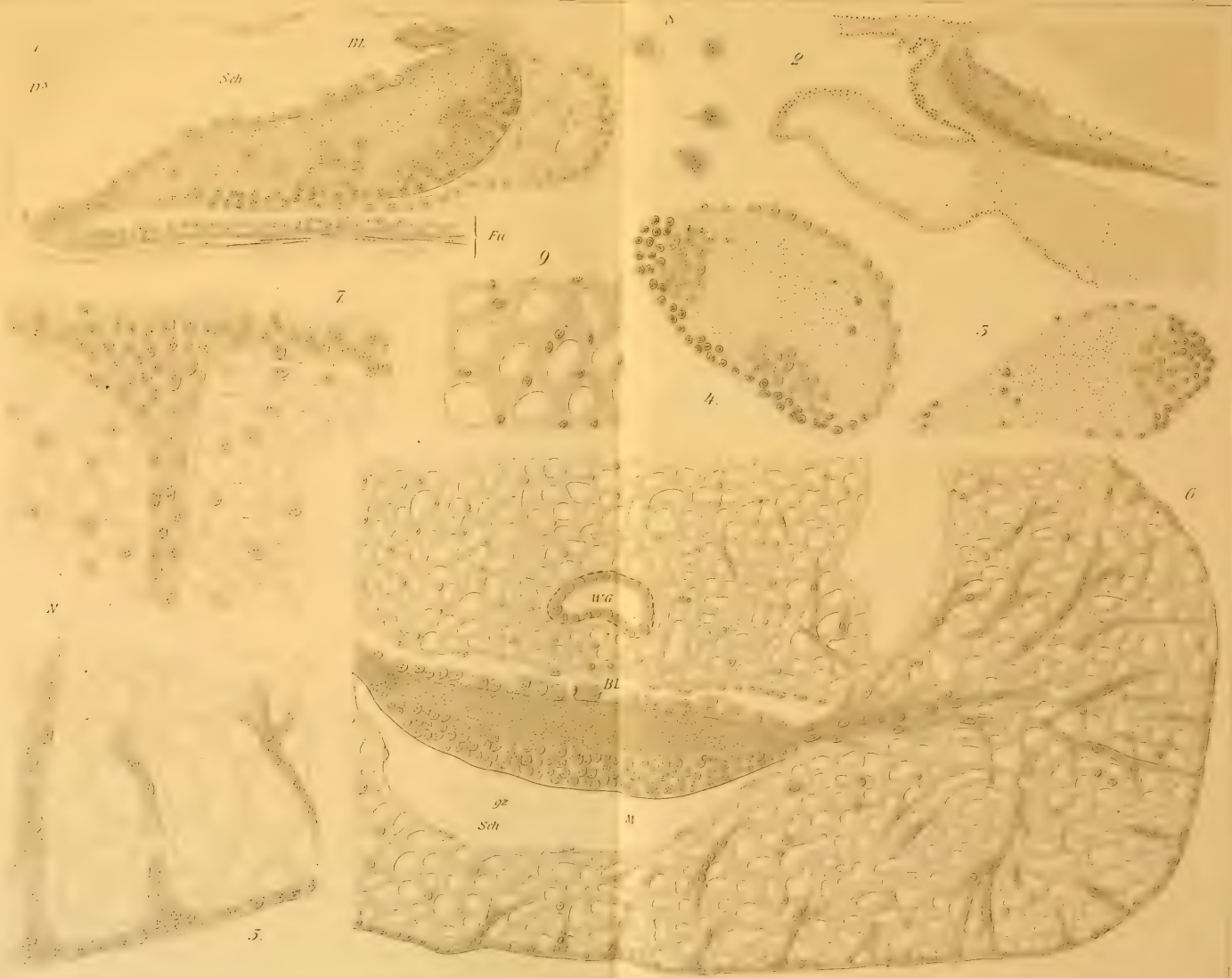


Verl. v. Gustav Fischer in Jena



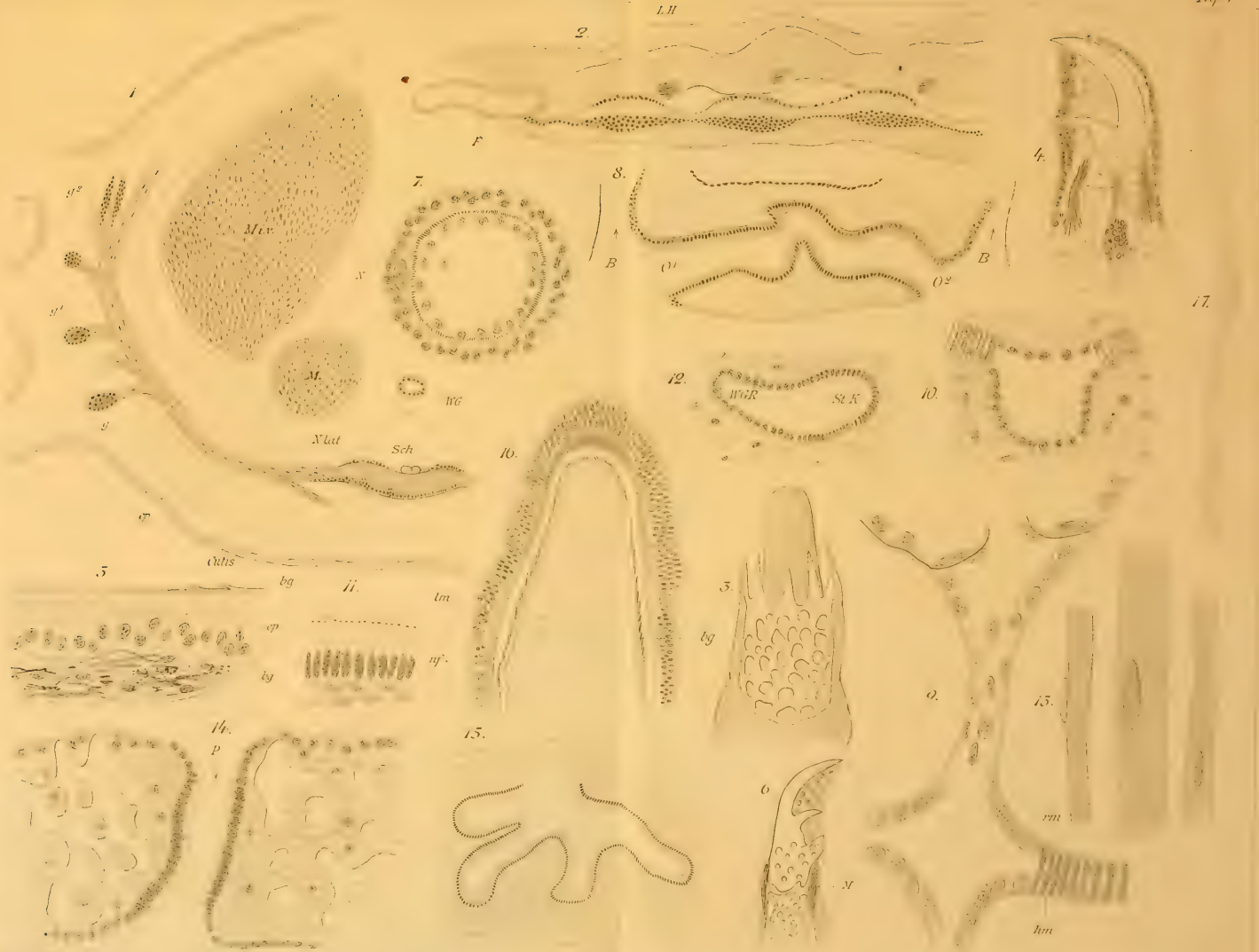
Hamann del.

Verl. v. Gustav Fischer i. Jena.



Verl. v. Gustav Fischer, Jena.
Lith. Anst. v. A. Giltsch, Jena.

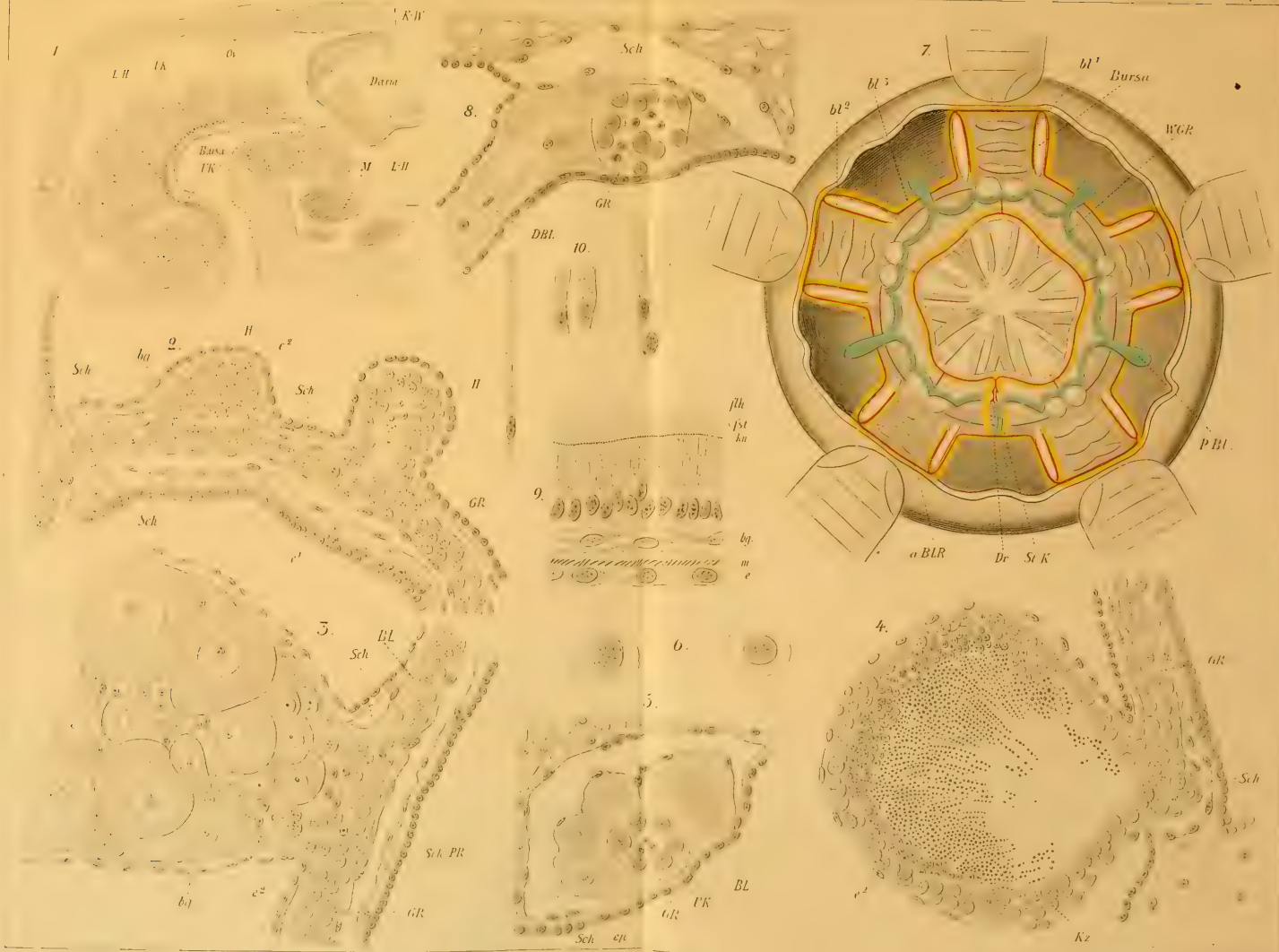
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8
9.
10.
11.
12.
13.
14.
Gangl. ped.
Sch
N
Nu
Mie
Nie
Mii
Schl.K
Madr. Pl.
WGR
BLR
GR
D
G
hn
ku
nf
n
n'
n²



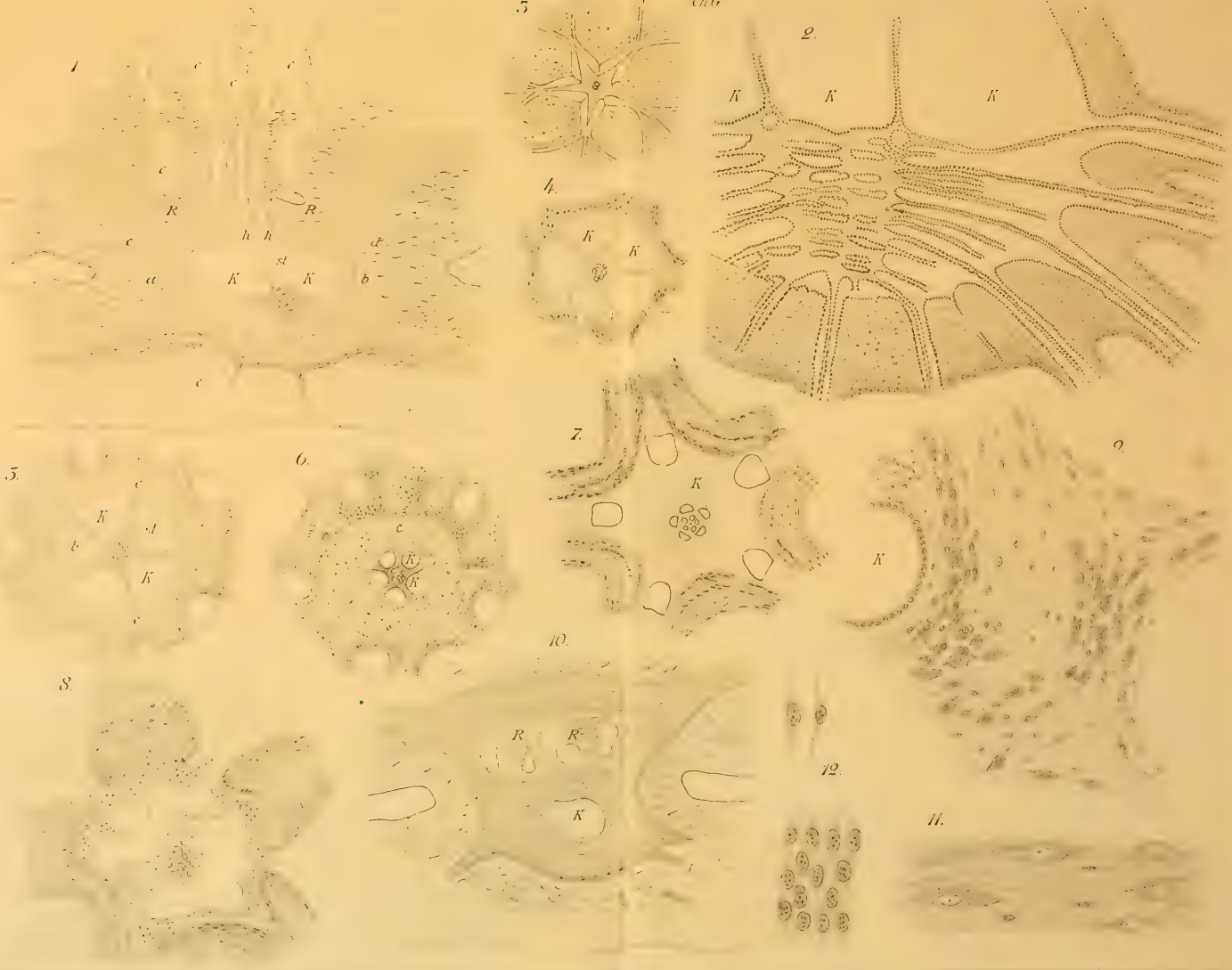
Hamann del.

Verl. v. Gustav Fischer i. Jena.

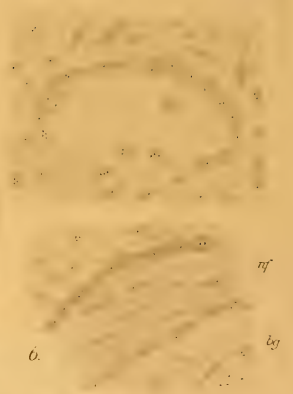
Lith. Anst. v. A. G. Fischer i. Jena.

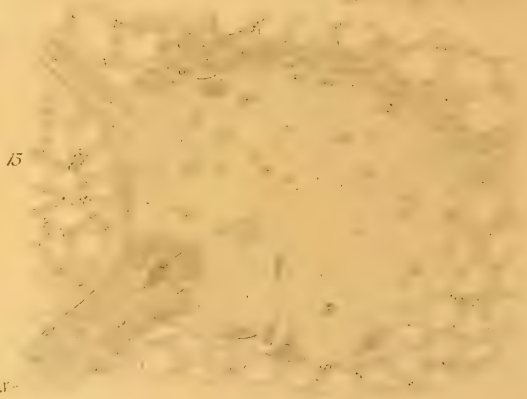


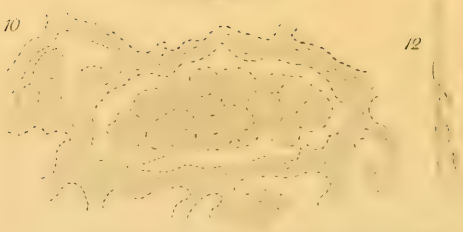
Hummel del.
Verl v. Gustav Fischer, Jena.
Lith. Anst. v. A. Giltsch, Jena.

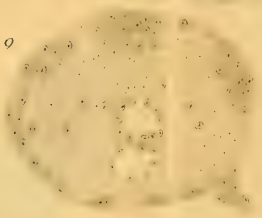


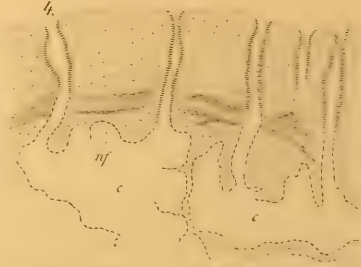
Verl. v. Gustav Fischer in Jena.
Lith. Anstv. A. Giltsch i. Jena.



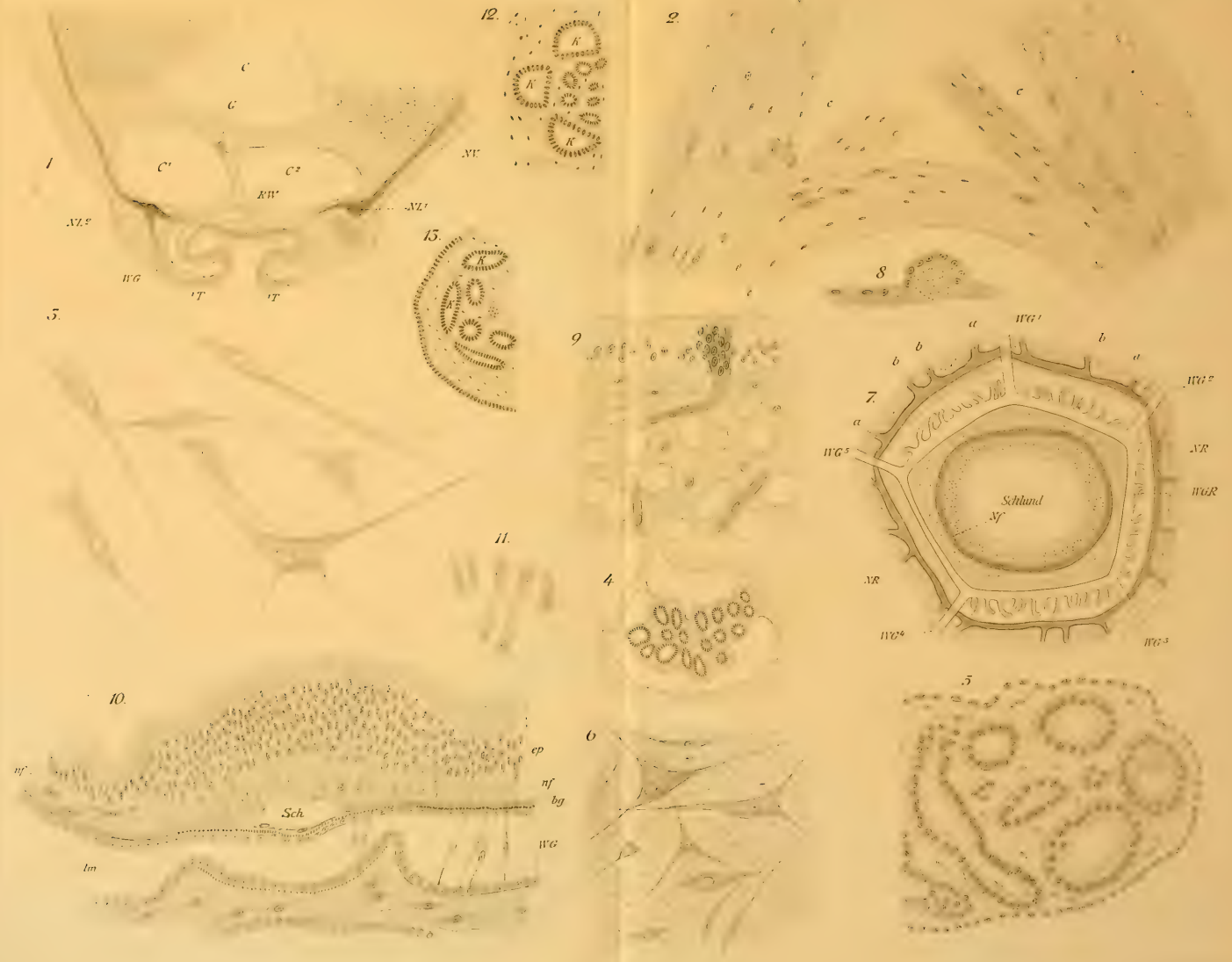




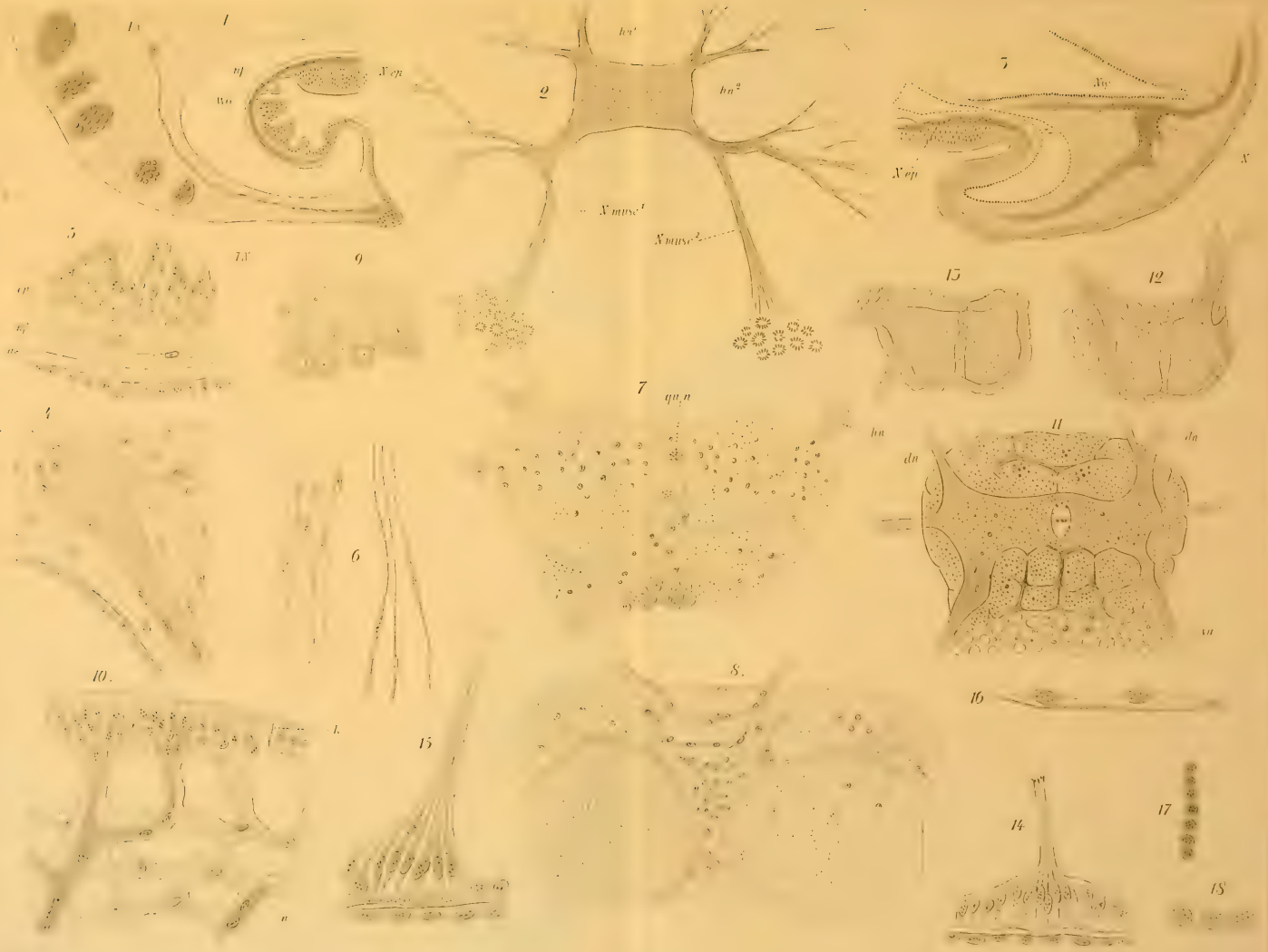




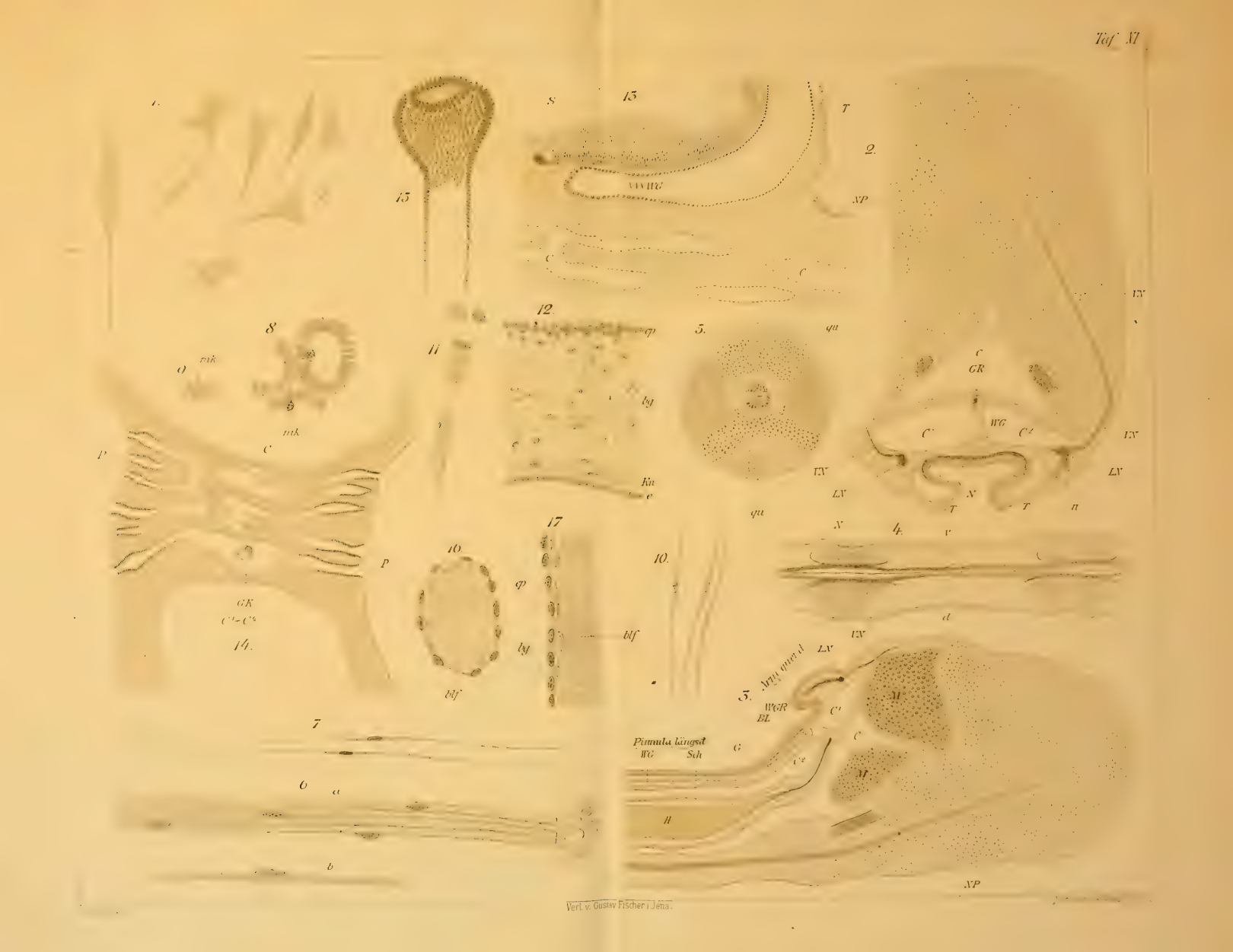
Hermann del.
Verl v Gustav Fischer i Jena.
Lith Anst v Aug Osterloh Jena



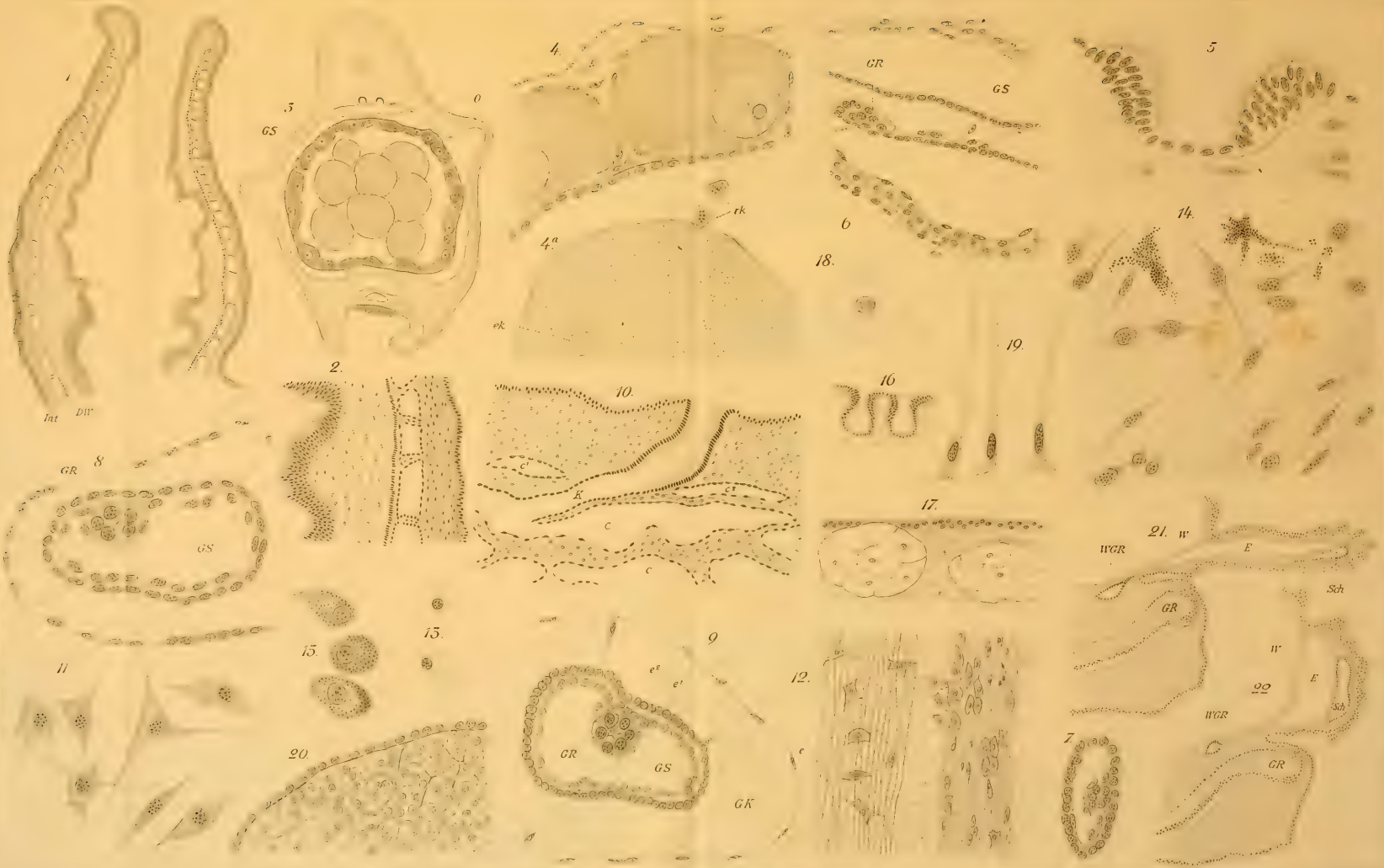
Normann del. Verl. v. Gustav Fischer i Jena. Lith. Anst. v. A. Gilisch, Jena



Hamann del.
Verl. v. Gustav Fischer, Jena.
Lith. Anst. v. A. Giesch, Jena



Verl. v. Gustav Fischer i Jena.



Verl. v Gustav Fischer i Jena.

Lith Anstv A Giltsch i Jena

G.E.STECHERT
& Co.
NEW YORK